


London School of Hygiene & Tropical Medicine
LIBRARY
28 JUNE 1932

Handbuch der Hygiene

Unter Mitwirkung von

Geh. Obermedizinalrat Dr. **R. Abel**, Berlin; Regierungsbaumeister a. D. **J. Boethke**, Berlin; Geh. Medizinalrat Prof. Dr. **C. Fränkel**, Halle; Prof. Dr. **E. Friedberger**, Berlin; Prof. Dr. **U. Friedemann**, Berlin; Dr. **H. A. Gins**, Frankfurt a/M.; Sanitätsinspektor Prof. Dr. **E. Gotschlich**, Alexandrien; Prof. **R. Graßberger**, Wien; Geh. Medizinalrat Prof. Dr. **O. Heubner**, Berlin; Hofrat Prof. Dr. **F. Hueppe**, Prag; Prof. Dr. **K. Kißkalt**, Berlin; Prof. Dr. **R. Kolkwitz**, Berlin; Reg.-Baumeister **G. Langen**, Berlin; Prof. Dr. **K. B. Lehmann**, Würzburg; Prof. Dr. **A. Lode**, Innsbruck; Geh. Baurat Dr.-Ing. **O. March**, Charlottenburg; Prof. Dr. **J. Mayrhofer**, Mainz; Bezirksarzt Dr. **S. Merkel**, Nürnberg; Prof. **P. Th. Müller**, Graz; Prof. Dr. **M. Neisser**, Frankfurt a. M.; Prof. Dr. **W. Prausnitz**, Graz; Regierungs- und Medizinalrat Dr. **H. Räuber**, Erfurt; Dipl.-Ingenieur **H. Recknagel**, Berlin; Bauinspektor Dr.-Ing. **C. Reichle**, Berlin; †Wirkl. Geh. Ober-Regierungsrat Prof. Dr. **A. Schmidtmann**, Marburg; Geh. Baurat Dr.-Ing. **H. Schmieden**, Berlin; Geh. Hofrat Prof. Dr. **M. Schottelius**, Freiburg i. B.; Kais. Regierungsrat Prof. Dr. **O. Spitta**, Berlin; Prof. Dr. **H. Thiesing**, Berlin; Prof. Dr. **K. Thumm**, Berlin; Prof. Dr. **Th. v. Wasielewski**, Heidelberg; Prof. Dr. **W. Wedding**, Berlin

herausgegeben von

Prof. Dr. **M. Rubner**,
Geh. Medizinalrat, Berlin

Prof. Dr. **M. v. Gruber**,
Obermedizinalrat, München

und

Prof. Dr. **M. Ficker**,
Berlin

I. Band

Mit 134 Abbildungen und 1 Tafel



Leipzig
Verlag von S. Hirzel
1911.

Inhalt.

Vorwort.

Die Hygiene läßt je nach dem Endziel, das man im Auge hat, im Rahmen eines Handbuchs eine sehr verschiedenartige Darstellung zu, wie dies auch die Literatur des vergangenen Jahrzehnts dartut.

Gemeinsam wird allen Darstellungen der Gedanke sein, daß die Hygiene die praktische Durchführung solcher Maßnahmen erstrebt, welche die Gesundheit zu wahren und zu fördern geeignet sind. Dabei kann die eingehende Berücksichtigung technischer Einrichtungen und ihrer Fortschritte nicht entbehrt werden.

Wird aber der Gesichtspunkt der praktischen Betätigung, die doch das Ergebnis der wissenschaftlichen Forschung sein muß, von der letzteren allzusehr losgelöst und für sich als das allein wertvolle Gut behandelt, so kann diese ins Extrem getriebene praktische Richtung leicht zum Schaden der Hygiene selbst werden. Denn keine Disziplin kann der wissenschaftlichen Basis, d. h. der theoretischen Begründung für das praktische Handeln und der Fortentwicklung als Wissenschaft überhaupt entbehren. Auch in der Hygiene fließt der Strom des praktisch verwertbaren Wissens dauernd aus der experimentellen Forschung.

Von diesem Gesichtspunkte einer gleichmäßigen Behandlung der Forschungsarbeit und ihrer praktischen Ergebnisse ist die nachstehende Darstellung des Handbuchs der Hygiene geleitet worden. Der Grundgedanke, welcher verwirklicht werden soll, fußt in der kräftigen Betonung des physiologisch-biologischen Fundamentes der Hygiene, auf dem sie sich aufgebaut hat und auf dem sie sich weiter entwickeln muß. Sie soll als selbständige lebendige Wissenschaft zur Anschauung gebracht werden.

Jede zusammenfassende Behandlung der Hygiene hat vor allem in der Begrenzung des Stoffes ihre Schwierigkeiten zu überwinden. Die Gesundheitslehre kann schließlich alles menschliche Geschehen ihrer besonderen Betrachtung unterziehen und zu einer rationellen Lebensordnung formen. Da die Gefahren der Gesundheit aus den so verschiedenartigen und wechselvollen Existenzbedingungen des Menschen fließen, so liegt es nahe, daß die hygienische Kritik die verbessernde Hand an alle denkbaren sozialen Verhältnisse legen und dabei der Beihilfe aller Mittel humanitärer Bestrebungen nicht entraten will. Soll in diesem Streben nicht die Hygiene selbst sich ins Uferlose verlieren, so bedarf es einer Beschränkung auf das Wichtigste, Notwendigste und Grundlegende an der Hand der wissenschaftlichen Betrachtung, die uns die Richtlinien scharf vorzeichnet.

Nicht minder wichtig, aber vielfach ebenso schwierig empfinden wir die Abgrenzung der Hygiene gegenüber den medizinischen, naturwissenschaftlichen und technischen Hilfswissenschaften. Nur zu oft zeigen sich noch keine scharfen Demarkationslinien; wir haben es ganz dem einzelnen Gelehrten überlassen müssen, wo er die Grenzen zwischen Eigenbesitz der Gesundheitslehre und fremden Disziplinen ziehen will. Erst eine spätere Entwicklungsperiode kann hier allmählich die Entscheidung treffen. Bei den aus den Hilfswissenschaften zum Verständnis der hygienischen Aufgabe übernommenen Tatsachen muß natürlich in der Darstellung bezüglich der näheren Begründung auf die Hand- und Lehrbücher der betreffenden Disziplinen verwiesen werden. In manchen Teilen, für welche eine große Reihe ausgezeichneter Darstellungen existieren, wie hinsichtlich der Lehre von den Parasiten, konnte eine Beschränkung naturgemäß eintreten.

Die Tendenz des Handbuchs, die Betonung des wissenschaftlichen hygienischen Vorgehens soll nicht nur der Darstellung selbst die Eigenart verleihen, sondern vor allem auch anregend wirken, indem sie dartut, wo Lücken im Wissen sich finden und wo die weitere Forschung einsetzen kann und muß. Sie soll eine Ordnung und Richtung für die Arbeit werden und diese von den Zufälligkeiten der täglichen Ereignisse und Bedürfnisse unabhängig gestalten. Die historische Betrachtung, die wir angestrebt haben, soll zeigen, welche Probleme zu allen Zeiten als wichtig und grundlegend empfunden worden sind, und wie der hygienische Gedanke allmählich durch die experimentelle Forschung herausgearbeitet und fruchtbar gemacht worden ist.

Die hygienische Methodik ist so umfangreich, daß ihre eingehende Betrachtung im Rahmen des Handbuchs unmöglich erschöpfend behandelt werden konnte; die Methodik wurde nur da etwas schärfer markiert, wo sie eigenartig oder in sonstigen Hilfsbüchern noch nicht beschrieben ist, im übrigen aber nur so weit berührt, als es das Verständnis des Gegenstandes unbedingt erfordert.

Wie alle Sammelwerke, hat auch das vorliegende an dem Umstande zu leiden, daß nicht alle Teile gleichzeitig entstanden sind. Manches der Manuskripte hat über Gebühr bis zur Publikation warten müssen.

Der Plan, das vorliegende Handbuch ins Leben zu rufen, wurde bereits vor vielen Jahren ins Auge gefaßt und nahm schon gelegentlich des Internationalen Hygienekongresses 1907, wo wir uns einzelne Mitarbeiter sicherten, festere Gestalt an. Dieser Umstand, daß Arbeitsprogramm und Arbeitsverteilung schon zu einer Zeit entstanden sind, in der der eine von uns noch Vertreter des Faches war, hat ihn auch veranlaßt, der übernommenen Verpflichtung treu zu bleiben. Allen Kollegen, die mit großer Aufopferung sich an dem Unternehmen beteiligt haben, sei hiermit der aufrichtigste Dank ausgesprochen.

Berlin und München, 10. Mai 1911.

Die Herausgeber.

Inhaltsübersicht.

Einleitung.

von

M. v. Gruber.

Wenn wir einen Schützen nach einer Scheibe schießen lassen, so beobachten wir, daß er durchaus nicht immer das Ziel trifft, sondern seine Schüsse einmal nach der einen, ein andermal nach der anderen Seite fehlgehen, einmal nach oben, einmal nach unten. Wenn wir ihn eine genügende Zahl von Schüssen abgeben lassen, können wir feststellen, daß sich alle Schüsse um einen Mittelpunkt gruppieren, der durchaus nicht mit dem Mittelpunkt der Scheibe zusammenzufallen braucht. Je näher an diesen Mittelpunkt heran, um so dichter stehen die Schüsse; die geringsten Abweichungen sind die häufigsten, die größten die allerseltensten. Wenn man alle diese Schüsse linear gruppiert, je nachdem sie ober- oder unterhalb einer durch den Mittelpunkt gezogenen Horizontalen liegen, die Entfernung vom Mittelpunkte nach einem bestimmten Maße mißt, Abstandsklassen macht, die Zahl der Schüsse ermittelt, welche je innerhalb einer Abstandsklasse liegen, die Zahlen als Ordinaten in gleichmäßigen, den Abstandsklassen entsprechenden Abständen auf der Abszissenachse errichtet und nun die freien Endpunkte der Ordinaten miteinander verbindet, so erhält man eine sehr regelmäßige symmetrische Kurve, die Fehlerkurve oder Binomialkurve. Sie ist der Ausdruck für das Vorhandensein von 2 „Ursachen“-Gruppen: des auf das bestimmte Ziel gerichteten Willens des Schützen und der mannigfaltigen, in bezug auf diesen Willen rein zufälligen Störungen, welchen der Schütze, sein Gewehr und sein Geschoß ausgesetzt sind.

Eine ganz ähnliche Kurve erhält man nun, wenn man eine genügend große Gruppe von Individuen gleicher Art auf eine bestimmte Eigenschaft hin messend oder zählend prüft, z. B. auf die Länge ihrer Oberarme, ihrer Schenkel, auf ihr Körpergewicht u. dgl. Auch hier sehen wir eine mittlere Länge, eine mittlere Gewichtsmenge am häufigsten erscheinen und die Abweichungen nach oben und unten um so seltener werden, je größer sie sind. Die binomiale Kurve ist auch hier wieder der Ausdruck des Antagonismus zweier Ursachengruppen, einer durch die ererbte Beschaffenheit des Individuums angegebenen „Wachstumstendenz“ und der durch „zufällige“ Momente bedingten Abweichung. Wieder annähernd dieselbe Kurve würde erscheinen, wenn wir eine große Zahl von Individuen gleicher Art hungern oder bis zur Erschöpfung arbeiten oder irgendeiner anderen, nicht allzu heftig wirkenden Schädlichkeit, z. B. einer bestimmten Dosis Gift aussetzen würden: die Zeitdauern bis zum Hungertode oder bis zum Zusammenbruch oder bis

zur vollen Höhe der Giftwirkung, die Grade der letzteren würden sich um eine mittlere Größe gruppieren, einzelne Individuen würden sehr früh, sehr schwer erkranken, zugrunde gehen — viel früher als die große Masse, einzelne andere würden einen erstaunlichen Grad von Unempfindlichkeit verraten. Wieder sind es zwei Faktorengruppen, die miteinander rivalisieren, einerseits die Trägheit der in geregeltem Neben- und Nacheinander ablaufenden Energieverwandlungen, deren Summe wir Leben nennen, andrerseits die lebendige Kraft der zufälligen störenden Anstöße. Und beim einzelnen Individuum nicht anders; niemals vielleicht würden wir, wenn wir genau messen würden, seinen Stoffwechsel, seine Temperatur, seinen Puls, seine Atmung zu verschiedenen Zeiten völlig gleich finden, aber die Abweichungen werden sich wieder ihrer Größe nach in eine Fehlerkurve einordnen lassen, wenn sie nur durch rein zufällige äußere Anstöße bedingt waren.

Je nach der Treffsicherheit des Schützen wird unter gleichen äußeren Störungen die Zahl und Größe der Abweichungen vom Zentrum sehr verschieden groß sein. Ebenso wird die Abweichung vom normalen Lebensprozeß, welche durch eine bestimmte äußere Schädlichkeit bewirkt wird, bei verschiedenen Individuen außerordentlich verschieden groß sein, je nach der Wucht der eigenen Lebensvorgänge. Ein Kreisel, der eben abgeschnellt worden ist, dreht sich mit großer Stabilität, wandert über allerlei Unebenheiten aufrecht hinweg und verträgt allerlei Püffe, je mehr aber seine Rotationsgeschwindigkeit abnimmt, um so empfindlicher wird er, bis schließlich die kleinste Störung ihn zum Sturz bringt. Je intensiver von vornherein seine Rotation war, um so unempfindlicher wird er sein, um so länger unempfindlich bleiben. So ist auch unsere Gesundheit, die Stabilität, der harmonische Ablauf unserer Lebensfunktionen bestimmt einerseits von unserer inneren Beschaffenheit unserer Konstitution und andrerseits von den äußeren Lebensumständen, von der Umwelt, von „Nature" und „Nurture" wie dies die englische biometrische Schule figürlich auszudrücken pflegt Das gebrauchte Gleichnis ist natürlich ganz roh, es dürfte aber doch geeignet sein, den energetischen Kampf, den das Individuum um seine Existenz zu führen hat, an einem bekannten Gegenstande zu versinnbildlichen. Übrigens muß noch etwas hinzugefügt werden: die Einwirkungen von außen müssen durchaus nicht alle als Störungen, als Schädigungen wirken, geradesowenig als der Wind im Rücken dem Radfahrer schädlich ist. Die Sinnesreize erhalten uns wach, die Not des Lebens gespannt.

Offenbar ist es die allerwichtigste Kunst, die Lebensmaschine im richtigen Gang zu erhalten und die Menschen haben offenbar sehr frühzeitig erkannt, daß in dieser Beziehung vieles im Bereiche ihrer Überlegung, ihrer Willkür liegt.

Seit den ersten Anfängen der Zivilisation hat es keiner Zeit und keinem Volke an hygienischen Kenntnissen und hygienischen Einrichtungen völlig gefehlt. Ja, aus fernem Altertum sind sogar Reste von hygienischen Bauwerken übrig, denen erst die neueste Zeit gleich Großartiges an die Seite zu stellen vermochte. Frühzeitig hat sich auch schon das Bedürfnis geltend gemacht, die verstreuten Gesundheitsregeln und hygienischen Kenntnisse in einheitlicher Darstellung zusammenzufassen. Trotzdem datiert die moderne Hygiene mit Recht ihre Geburt auf die Mitte des vorigen Jahrhunderts. Um diese Zeit begann die öffentliche Verwaltung — zuerst in England — in bewußter und durchgreifender Weise Vorkehrungen zu treffen

und Werke auszuführen, welche ununterbrochen und selbsttätig die Schädlichkeiten fernhalten, den Gesundheitsgefahren vorbeugen sollten.

Und annähernd um dieselbe Zeit erfaßte Pettenkofer den Gedanken, die Gesundheitslehre von Grund aus neu aufzubauen auf dem sicheren Boden der exakten Naturwissenschaft. Als Chemiker wußte er, was für die Wissenschaft die Zahl bedeutet und so begann er denn — was vor ihm nur wenige versucht hatten — jene Faktoren, von welchen ihm die Gesundheit abzuhängen schien, zählend, messend und wägend zu studieren. Eine ungeheure Summe von Arbeit ist seitdem auf dem Gebiete der Gesundheitslehre und der Gesundheitspflege geleistet, eine reiche Ernte von Kenntnissen, Erfahrungen und Hilfsmitteln erzielt worden. Das Wesentliche davon sollen die vier Bände dieses Handbuchs zur Darstellung bringen. Hoffentlich werden sie nicht allein ein richtiges Bild des heutigen Wissens darbieten, sondern auch die Lücken unserer Kenntnisse und unseres Vermögens zum Bewußtsein bringen, Richtung und Wege andeuten, auf denen in der Zukunft weiter gearbeitet werden muß.

Die Hygiene als Wissenschaft ist charakterisiert durch ihre Fragestellung und durch ihr Ziel. Sie betrachtet und prüft die Erscheinungen daraufhin, ob und in welchem Maße sie die Lebensfunktionen beeinflussen, jene Harmonie der Prozesse, welche wir Gesundheit nennen, herbeiführen helfen, fördern oder stören. Ihr Ziel ist die Herstellung von optimalen Bedingungen für das Leben. Es handelt sich ihr dabei keineswegs allein um die Verlängerung des Lebens der Individuen, um Makrobiotik, sondern, wie schon Pettenkofer stets betont hat, um die Erhaltung und Vermehrung der Widerstandsfähigkeit, Tüchtigkeit und Leistungsfähigkeit der Menschen, um die Vervollkommnung ihrer Tauglichkeit für jenen Kampf ums Dasein, für den es keinen Frieden gibt, solange ein Lebewesen sein eigenes Leben behaupten, seine Kräfte entfalten und gebrauchen und neues, verwandtes Leben erzeugen will. Die Hygiene als Schützerin des Lebens darf sich überhaupt nicht bloß um die einzelnen Individuen, um die einzelne Generation kümmern, die unter allen Umständen nur eine kurzdauernde Phase im Leben eines Volkes darstellt. Offenbar hat sie ihr hohes Ziel erst dann erreicht, wenn es ihr gelungen ist, die Gesundheit des fortdauernden, von Generation an Generation weitergegebenen Lebens; Leben und Gesundheit des „Keimplasmas“ sicherzustellen. Das entscheidende Kriterium der Volksgesundheit ist die Erzeugung einer zahlreichen und gesunden Nachkommenschaft. Die Hygiene hat diesen Gesichtspunkt bisher noch viel zu wenig beachtet; offenbar, weil man sich in einer Zeit stärkster Volksvermehrung über diesen Punkt keine Sorgen machen zu müssen glaubte. Die Zeiten ändern sich jedoch.

Es ist notwendig, sich die ganze Größe der Aufgabe der Hygiene klar zu machen, wenn man nicht in leichtsinnigen Optimismus verfallen will. Die Lebensbedingungen der Individuen, wie der einzelnen Schichten und Klassen des Volkes dürfen niemals allein vom Gesichtspunkte des Behagens der augenblicklich Lebenden aus betrachtet und gestaltet werden, sondern stets nur unter strenger Rücksichtnahme auf den gesundheitlichen Vorteil, auf das künftige Gedeihen der Nachkommen; geradeso wie auch für die sittliche Kulturgemeinschaft das Wohl der nachkommenden Generationen zum höchsten Ziel aller Bestrebungen werden muß. Man setzt sich mit der Natur

in einen lebensgefährlichen Widerspruch, wenn man das Individuum als Selbstzweck behandelt.

Gewöhnlich bezeichnet man als Aufgabe der Hygiene das Studium der „Umwelt“, der äußeren Lebensbedingungen. Man geht dabei von der ohne Zweifel im allgemeinen richtigen Vorstellung aus, daß die Tendenz zu harmonischer Funktion, zu zweckmäßiger, „erhaltungsmäßiger“ Reaktion zum Wesen jedes lebendigen Organismus gehört, so daß es nur darauf ankommt, die von außen kommenden Störungen hintanzuhalten, um sein gesundes Gedeihen sicherzustellen. Man darf dabei nur nicht übersehen, daß die Krankhaftigkeit eines Individuums, einer Generation, ja die einer ganzen Generationenfolge durch Störungen und Schädigungen veranlaßt sein kann, welche nicht die Krankhaften selbst, sondern den Organismus eines Ahnen getroffen haben, deren Folgen durch Vererbung auf die Nachkommen übergegangen sind und daher durch Umgestaltung der augenblicklichen Lebensbedingungen nicht beseitigt werden können. Wir werden bald auf die Wichtigkeit der Fortpflanzungshygiene, oder Eugenik zurückkommen.

Das Gebiet, das die Hygiene zu durchforschen hat, ist unabsehbar groß. Bei der filzartigen gegenseitigen Durchflechtung aller Naturvorgänge ist es nicht viel kleiner als die ganze Welt! Zu dieser Welt gehört auch das gesamte vom Menschen Geschaffene, also die gesamte Einrichtung von Staat und Gesellschaft, Religion, Kunst, Wissenschaft und Technik. Welche unermeßliche Bedeutung gerade auch diese Faktoren für die Gesundheit haben, darüber konnte kein sachkundiger und aufmerksamer Beobachter der menschlichen Dinge jemals im Zweifel sein.

Die im engeren Sinne natürlichen und die „künstlichen“ vom Menschen geschaffenen Lebensbedingungen sind so unauflöslich miteinander verknüpft, daß niemals eine Hygiene denkbar war, die nicht auch auf die sozialen Verhältnisse Rücksicht genommen hätte, und umgekehrt sind die sozialen Zustände und Einrichtungen so sehr abhängig und so durchsetzt von den natürlichen Lebensbedingungen, daß es keine selbständige soziale Hygiene geben kann, die nicht zum größten Teile eine Wiederholung der allgemeinen wäre. Auch bei der Forschung, bei der methodischen Anwendung der Statistik als Heuristik, zu der — leider! — die Hygiene in ausgedehntem Maße gezwungen ist, da dem Experiment am Menschen sehr enge Grenzen gezogen werden müssen, stößt man stets auf Komplexe von Natürlichem und Künstlichem, so daß auch auf dem Gebiete der Forschung eine scharfe Trennung unmöglich ist, wenn auch die Aufmerksamkeit des einzelnen Forschers sehr wohl mehr der einen oder mehr der anderen Gruppe von Erscheinungen zugewendet sein kann. Es ist überhaupt unmöglich und auch überflüssig, die ganze Welt in die hygienische Betrachtung einzubeziehen. Man wird sich begnügen dürfen, das Wichtigste oder — vorsichtiger gesagt! — das nach dem Gesamtstande unserer Einsicht augenblicklich als wichtigst Erscheinende zu bearbeiten und selbstverständlich auch nur über jene Dinge zu sprechen, bei denen man zum mindesten bereits zu einer klaren Fragestellung gekommen ist. Schon Pettenkofer hat nachdrücklich auf jene Eigentümlichkeit der Hygiene aufmerksam gemacht, daß nach Zeit und Umständen ihr Forschungsgebiet und innerhalb gewisser Grenzen auch ihr Lehrgebiet wechselt. Es ist bei der verwirrenden Fülle ihrer Forschungsobjekte verständlich und richtig, daß sich die Forscher vorwaltend mit jenen Dingen beschäftigen, für welche es zurzeit exakte und erfolgverheißende

Methoden gibt. Es ist von unschätzbarem Werte für die Hygiene gewesen, daß in den letzten Jahrzehnten die Mikrobien das Interesse der hygienischen Forscher in so hohem Maße gefesselt haben. Denn auf diese Weise wurde wenigstens dieses eine notwendige Glied in der Kausalverkettung der Infektionskrankheiten rasch einigermaßen bekannt. Sobald das abbauwürdige Erz an einer Schürfstelle erschöpft ist, treibt das Verlangen nach Erfolg die Forscher von selbst zur Suche in andere Gebiete. Die im engeren Sinne physischen Lebensbedingungen werden stets den Grundstock der hygienischen Lehre und Forschung bilden müssen und Schulung in experimenteller Naturforschung wird stets eine unerläßliche Anforderung an den Lehrer der Hygiene sein, wenn nicht die glücklich überwundene Zeit der Redensarten und des Spekulierens wiederkehren soll. Ebensowenig wie der noch so geistvolle Raisoneur wird der noch so treffliche Techniker der richtige Lehrer eines Faches sein können, in dem es so sehr auf biologische und physiologische Einsicht ankommt, um die hygienische Bedeutung der Dinge richtig bewerten zu können. Diese Gesichtspunkte mußten hervorgehoben werden, weil sie bei der Disposition des vorliegenden Handbuchs maßgebend waren.

In den einzelnen Abschnitten wird zur Genüge klargelegt werden, wieweit wir in unserem theoretischen Verständnisse der hygienischen Zusammenhänge gekommen sind und inwieweit wir uns bereits nützlich zu machen verstehen. Dagegen dürfte es angemessen sein, an dieser Stelle eine Bilanz über die praktischen Leistungen und über die Leistungsfähigkeit der Hygiene im ganzen zu ziehen und insbesondere vorweg die große Streitfrage des Verhältnisses Vererbung, Auslese und Hygiene zueinander kurz zu erörtern.

Bei der Nachforschung nach praktischen Erfolgen der Hygiene stoßen wir zuerst auf die außerordentliche Verminderung der Sterblichkeit in allen Kulturländern. Ihr Rückgang ist erstaunlich groß und erstreckt sich fast überall auf alle Altersklassen und auf beide Geschlechter. Außerordentlich groß ist er insbesondere im Säuglings- und Kindesalter. Der Vergleich mit früheren Jahrhunderten, soweit er möglich ist, wie z. B. in Genf oder in Schweden, ergibt da eine Verminderung der Todesfälle um die Hälfte. Diese Tatsachen sind so bekannt, daß wir uns wohl mit einem einzigen Beispiel begnügen dürfen.

Abnahme der Sterblichkeit in Schweden.

Alter (Jahre)	1751—1760	1811—1820	1816—1840	1881—1890
Von 10000 der betreffenden Altersklassen starben jährlich:				
0—10	535	468	380	267
10—20	64	59	50	43
20—30	87	86	80	61
30—40	115	119	115	71
40—50	165	168	165	90
50—60	242	274	260	150

Es wäre anmaßend, wenn die Hygiene das Verdienst an diesem Rückgang der Sterblichkeit sich allein beimessen wollte; ohne Zweifel ist er zum großen Teile dem Wachstum des Nationalwohlstandes, der Verbesserung der

politischen und wirtschaftlichen Lage der arbeitenden Klassen, der Zunahme der Kultur und der Lebensansprüche im allgemeinen, dem langen Frieden, der sozialen Schutzgesetzgebung, der Vermehrung der Zahl der Ärzte und Krankenhäuser, der Unterbringung großer Bevölkerungsmassen in den neuen und noch nicht durchseuchten Häusern der rasch wachsenden Städte zuzuschreiben. Indessen wäre es doch allzu bescheiden, wenn wir für das bewußte Eingreifen der Hygiene gar keinen Anspruch erheben würden. Wenn wir auch von der Austilgung der Pocken durch die Vakzination und Revakzination ganz absehen, weil ihre Anfänge in die vorhygienische Periode fallen, so bleiben doch die ziffernmäßig nachzuweisenden Erfolge der Wasserversorgung und Kanalisation, der rationellen Behausung, Bekleidung, Ernährung der Gefangenen, der Soldaten usw. übrig; überhaupt die ganze bewundernswerte Verbesserung der Gesundheitsverhältnisse der Armeen, die Verminderung der Morbidität und Mortalität in den gesundheitsschädlichen Gewerben u. a. Am schlagendsten wird wohl der Nutzen der hygienischen Wissenschaft für das Leben durch die Tatsache bewiesen, daß auch in den europäischen Fürstenhäusern die Sterblichkeit im Laufe des vorigen Jahrhunderts auf weniger als die Hälfte zurückgegangen ist, obwohl gewiß seit jeher dort alles getan wurde, was man nach der damaligen Einsicht für nützlich hielt, um Leben und Gesundheit der fürstlichen Sprossen zu schützen.

Europäische Fürstenhäuser

Absolute Anzahl der Todesfälle. — Eltern getraut:

Alter (Jahre)	1750—1799		1800—1839		1840—1881	
	Erwartung	Beobachtung	Erwartung	Beobachtung	Erwartg.	Beobachtg.
0— 5	212,7	219	207,3	126	204,8	79
5—25	86,1	87	92,2	80	54,6	34
25—55	202,2	180	185,4	115	16,0	3
55—	350,8	299	75,5	51	—	—
	851,8	785	560,4	372	275,4	116

An der Tatsache, daß die Wissenschaft der Hygiene sehr wesentlich mitgeholfen hat, die Sterblichkeit zu vermindern, das Leben zu verlängern, ist also wohl nicht zu zweifeln. Was bedeutet aber diese Lebensverlängerung für die Gesundheit, Tüchtigkeit, Leistungsfähigkeit, Fortpflanzungstauglichkeit der heutigen Generation? Ist diese physisch besser geworden? Oder ist die Lebensverlängerung lediglich die Folge des Hinwegräumens äußerer Schädlichkeiten?

In neuester Zeit verficht der hervorragende englische Mathematiker und Leiter des Galton Laboratory for National Eugenics, Karl Pearson [1], mit seiner Schule die Ansicht, daß die Umwelt (Nurture) nur einen minimalen Einfluß auf die Beschaffenheit des Individuums ausübe, die Hygiene selbst dem Soma*) gegenüber fast machtlos sei.

Als Belege dafür teilt er eine große Zahl von sog. „Korrelationskoeffizienten" mit, die sich nicht oder nur wenig über Null erheben. Es ist jedoch von verschiedenen Gelehrten nachgewiesen worden, daß die Art, wie Pearson sein Material gesammelt und verarbeitet hat, zum Teil höchst an-

*) Der individuelle Leib im Gegensatze zum Keimplasma.

fechtbar ist. In der Tat stehen die Ziffern Pearsons in schärfstem Widerspruch mit tausendfältigen Erfahrungen und können nicht richtig sein. Man braucht z. B. nur auf die Erfahrungen der Landwirte und Gärtner hinzuweisen, die in jeder Wachstumsperiode von neuem die Erfahrung machen, wie verschieden die gleiche Saat aufgeht, je nach der Bodenbeschaffenheit, Düngung, Exposition des Feldes, je nach dem Klima und der Witterung des Jahres. Die Trauben der edelsten Reben bleiben sauer und werden einen bouquetosen Wein geben, wenn es an der Sonne fehlt; in trockenen Jahren bleiben die Halme des Getreides kurz, die Ähren und ihre Körner klein. Und beim Menschen ist es nicht anders; so sind die Kinder der Wohlhabenden im Durchschnitt weit besser entwickelt als die der Armen, was in ihrer bei gleichem Alter größeren Körperlänge, in ihrem größeren Körpergewichte, größeren Brustumfange, größerer Lungenkapazität zum präzisen Ausdrucke kommt.

So ermittelte Hasse in den Leipziger Volksschulen:

		Körperlänge 8—9 Jahre	Körperlänge 14—15 Jahre
Knaben:	Wohlhabender	120,5 cm	148,3 cm
„	Armer	118,6 „	144,3 „
Mädchen:	Wohlhabender	120,5 „	150,6 „
„	Armer	116,4 „	147,7 „

Pagliani maß in den Turiner Volksschulen:

		8—9 Jahre	14—15 Jahre
Knaben:	Wohlhabender	122,0 cm	150,6 cm
„	Armer	115,0 „	140,0 „
Mädchen:	Wohlhabender	120,2 „	152,1 „
„	Armer	111,8 „	144,5 „

Die Befunde Rubins in Dänemark 1894 sind in der folgenden Tabelle niedergelegt:

Körperliche Entwicklung und Wohlhabenheit.

Knaben Alter (Jahre)	Körperhöhe in cm					Körpergewicht in kg				
	Latein-schule	Real-schule	Mittel-schule	Zahl-schule	Frei-schule	Latein-schule	Real-schule	Mittel-schule	Zahl-schule	Frei-schule
7	.	45	45	44	44		44	44	45	43
8		47	46	46	46		47	48	48	48
9		49	48	48	48		52	51	53	51
10		50	50	50	50		57	57	58	56
11	54	52	52	51	51	66	61	60	61	61
12	55	54	53	53	53	70	66	66	66	66
13	56	55	55	55	55	75	72	73	73	72
14	58	58	57	56	56	83	82	79	75	74

Dieser Tabelle kann man entnehmen, daß die Schüler der Lateinschulen, die zum allergrößten Teil wohlhabenden Familien entstammen, relativ die größte Körperlänge (+ 1—3 cm) und das größte Körpergewicht (+ 3—9 [!] kg) besitzen.

In England sind 11—12jährige Knaben:

in Public Schools	im Mittel	55	engl. Zoll lang
von Feldarbeitern	„	53	„ „ „
von Fabrikarbeitern	„	52	„ „ „
in den Industrial Schools für die Ärmsten .	„	50	„ „ „

Freilich vermögen die Kinder der Armen den Vorsprung der Wohlhabenden wieder einzuholen, wenn sie rechtzeitig unter günstigere Bedingungen gelangen, wie z. B. die Erfolge der Ferienkolonien lehren. Wenn aber die Ungunst des Schicksals bis zum Ende der Wachstumsperiode andauert, kann sie zu bleibender Kleinheit und Kümmerlichkeit des Körpers führen.

Die Hunde Hermann v. Hößlins [2] werden für jeden, der sie gesehen hat, unvergeßlich bleiben. Der eine, welcher während der ganzen Wachstumsperiode auf die Hälfte der Ration seines Bruders gesetzt worden war, blieb schließlich ein Zwerg, mit einem Gewichte von 9,5 kg gegenüber den 30,3 kg seines Bruders.

Wieviel die Umwelt über die Beschaffenheit des Individuums vermag, lehren schlagend die häufig so glänzenden Erfolge der diätetischen, physikalischen und klimatischen Kuren, die das Individuum nicht nur vorübergehend in einen besseren Ernährungszustand versetzen, sondern ihn nicht selten auf immer über gewisse Hemmungen und krankhafte Störungen hinweghelfen. Andererseits sehen wir selbst sehr robuste Konstitutionen in langdauernder Gefangenschaft, unter der Wirkung von Blei und anderen gewerblichen Giften zusammenbrechen. Der Einfluß der Übung auf die Entwicklung von Muskeln, Knochen, Herz, Lungen ist außerordentlich groß! Die Sterblichkeit derselben Bevölkerung, ihre Widerstandsfähigkeit gegen Ansteckung ist außerordentlich verschieden hoch, je nachdem sie gut genährt ist oder hungert. Nach Virchows [3] Bericht war der Krankheitskeim des Rückfallfiebers schon mehrere Jahre lang unter der oberschlesischen Bevölkerung verbreitet gewesen, ohne ihr wesentlichen Schaden zu tun, bis unter der Wirkung der Hungersnot im Jahre 1847 die Epidemie zum Ausbruch kam.

Die Verminderung der Sterblichkeit aller Altersklassen, die in den letzten Jahrzehnten beobachtet wurde, wäre undenkbar ohne eine Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Individuen. Daß wir mit dieser Behauptung recht haben, lehrt vor allem die Tuberkulose. Die starke Abnahme der Lungenschwindsucht ist in der Hauptsache nicht dadurch herbeigeführt worden, daß die Zahl der Ansteckungen geringer geworden ist — der Ausfall der v. Pirquetschen Reaktion und ihrer Modifikationen lehrt anscheinend, daß auch heute noch fast alle erwachsenen Personen irgend einmal in ihrem Leben eine Infektion mit dem Tuberkelbazillus durchgemacht haben — sondern durch die Steigerung der Widerstandsfähigkeit der Bevölkerung infolge ausreichender Ernährung, verminderter körperlicher Anstrengung usw. Und wir dürften sicher sein, die Schwindsucht sofort wieder sich ausbreiten zu sehen, wenn die Ernährung der breiten Volksschichten aus irgendeinem Grunde (unglücklicher Krieg, Störung des Handels) auf längere Dauer merklich verschlechtert würde. Wir vermögen übrigens auch heute experimentell nachzuweisen, wie durch Hunger und andere ungünstige Extraleinflüsse die Neubildung der Schutzkörper, des Alexins und der Immunstoffe gestört wird.

Ebensowenig wie die physische Umwelt darf die Wirkung des geistigen Milieus unterschätzt werden. Ein hartes Los, das ein Volk zwingt, sich Freiheit und Leben täglich aufs neue zu erobern, ist sein bester Schutz gegen Verfall. Dagegen wurde Capua den tapferen Karthagern zum Verderben. Nicht allmählich im Nacheinander der Generationen verdirbt das Wohlleben ein Volk, weil unter den milden Lebensbedingungen nun auch die Minderwertigen am Leben bleiben, sich mit den Hochwertigen vermischen und so mit ihren schlechten Anlagen die Nachkommenschaft verschlechtern, sondern plötzlich, sozusagen von heute auf morgen. Ihre Gesundheit an Körper und Geist, die Reinheit ihres Geblütes hätte die edlen Germanenstämme vor dem Untergang in dem von Moderluft erfüllten Zauberpalast der antiken Zivilisation nicht geschützt, wenn sie nicht glücklicherweise in ihrer Barbarei das ganze schöne Verderben krumm und klein geschlagen und in Grund und Boden gestampft hätten.

Die verhältnismäßig leichte Beeinflußbarkeit durch die Umwelt, im günstigen wie im ungünstigen Sinne, ist geradezu ein Charakteristikum des „normalen“ Durchschnittsindividuums im Gegensatze zu den extremen Varianten, die entweder vermöge ihrer Hochwertigkeit, der Festigkeit ihres Gefüges, der Intensität ihres eigenen Lebensprozesses hochgradige äußere Störungen überwinden, oder so schwächlich, so mangelhaft konstruiert sind, daß die besten Stützen sie nicht zu halten vermögen. Aber man beachte wohl, daß es sich hier nirgends um scharfe Grenzen, sondern überall um verschwimmende Übergänge von Variation und Fluktuation der Individuen handelt, und daß ebenso die Einflüsse der Umwelt sich in den mannigfaltigsten Abstufungen der Intensität geltend machen könne, von Unmerklichkeit bis zu unwiderstehlicher Gewalt.

In vielen Fällen sind es lediglich quantitative Unterschiede im Zustande des Individuums, die von der Umwelt hervorgebracht werden (z. B. Größe der Muskelmasse je nach Ernährung und Übung). Indessen unterliegt auch die Qualität der Ontogenese und des Lebensablaufs diesen Einflüssen. Durch unzulängliche Kalkzufuhr kann man bei wachsenden Tieren eine Knochenerkrankung herbeiführen, welche der Rachitis zum Verwechseln ähnlich ist (Erwin Voit), durch Eisenhunger die schwersten anämischen Zustände (Hermann v. Hößlin). Chronische Vergiftungen, wie die durch Blei, durch Alkohol, durch die Gifte des Malariaparasiten, des Syphiliskeims, des Tuberkelbazillus (auch die im Körper hausenden Parasiten sind „Umwelt“ gegenüber der lebendigen Substanz der Zellen) können die Bevölkerungen weiter Gebiete in physischer Verkümmerung halten, ebenso wie eine feindliche Gewaltherrschaft, schädliche Suggestionen in geistiger. Papaver somniferum liefert unter ungünstigem Klima kein Opium; der Schierling bildet kein Gift. Ihre Anlagen hierzu schlummern, wie so viele andere Anlagen physiologischer Weise in allem Belebten schlummern und nur unter ganz außerordentlichen Umständen ihr Dasein verraten. Die Umwelt wirkt also ungemein mächtig sowohl auf die Ontogenese als auf das ausgewachsene Individuum ein. Die Not des Lebens und die Krankheitszustände drücken wie eine schwere Last auf den Volkskörper und hindern ihn gewissermaßen, jene Gestalt anzunehmen, welche seiner Organisation entsprechen würde. Gelingt es, diese Last wegzunehmen, dann schnellt er vermöge seiner inneren Elastizität empor; die mittlere Qualität der Generation wird sofort besser, ohne daß eine Verbesserung der Erbanlagen stattgefunden hat. Die fast in allen

Kulturländern beobachtete rasche Zunahme der mittleren Körperlänge dürfte wohl in dieser Weise aus der Verbesserung der Ernährung zu erklären sein.

Inwiefern die „Umwelt“ auch die Qualität der Keime und der Nachkommenschaft durch Vermittlung des Elterkörpers zu beeinflussen vermag, soll im Abschnitt „Vererbung, Auslese usw.“ ausführlicher besprochen werden. Nach den neuesten Untersuchungen von Chauvin, Kammerer, Semon u. a. kann es gar nicht mehr in Zweifel gezogen werden, daß gewisse Anpassungen an veränderte Lebensbedingungen sich auch auf die Keime ausbreiten können, so daß die Nachkommen bereits besser angepaßt an die neuen Lebensbedingungen als ihre Eltern ihr selbständiges Leben beginnen (Vererbung erworbener Eigenschaften). Schon längst bekannt ist, daß unter gewissen Schädigungen des Elterkörpers die Keime schwer mitleiden, daß z. B. Blei- und Syphilisgift, Verkümmerung der Keime und damit der Nachkommenschaft, herbeiführen können. Diese Tatsache muß bei der Entscheidung über die folgende Streitfrage wohl beachtet werden. Von gewissen theoretischen Annahmen ausgehend betrachten viele die Erfolge der Hygiene bei der Bekämpfung der Krankheiten mit äußerster Besorgnis. Sie befürchten, daß die Hygiene, so angenehm und nützlich sie für das Individuum ist, der Rasse schädlich werden müsse, da sie durch die Austilgung der Krankheiten jene Auslese der Passendsten, jene Ausmerze der Minderwertigen hindere, durch welche in der unvernünftigen Natur die guten Erbqualitäten der Rasse automatisch aufrecht erhalten werden. Darüber, daß der Kampf ums Dasein im allgemeinen und der Wettstreit der Angehörigen derselben Rasse untereinander tatsächlich in der Natur eine wohltätige und unentbehrliche Rolle als Erhalter der Gesundheit und Tüchtigkeit der Rasse ausübt, indem er die Untüchtigen wegräumt, den Tüchtigen Platz schafft und die Individuen zu steter Anspannung und Übung ihrer Kräfte zwingt, kann kein Zweifel bestehen. Ebensowenig darüber, daß jede Milderung des Wettkampfes und der gesamten Lebensbedingungen eine gewisse Anzahl von minderwertigen Individuen am Leben erhält und zur Fortpflanzung zuläßt, für alle die Gefahr der Erschlaffung mit sich führt. Jene Besorgnis über die Hygiene darf daher durchaus nicht leicht genommen werden. Andererseits wäre es aber auch unzulässig, sie ohne weiteres als in allen Stücken berechtigt anzuerkennen. Insbesondere wird zu erwägen sein, ob denn die Krankheiten, und im besonderen die Infektionskrankheiten, deren Vorbeugung der Hygiene in so hohem Maße gelingt, ebenso wirksame und nützliche Auslesemittel sind, wie Hunger und Liebe, wie der Kampf der Gesunden um die Nahrung und um das Weibchen.

Der Schluß, daß die Verhütung der Krankheiten dadurch, daß sie einer Menge von Minderwertigen das Leben rettet, zu einer Verschlechterung der Durchschnittsqualität der Rasse führen müsse, scheint von zwingender Einfachheit zu sein; bei genauerer Betrachtung zeigt sich aber, daß die Annahme, daß die Krankheiten der Qualität der Rasse nützlich seien, auf einer Reihe von Voraussetzungen beruht, welche auf ihre Richtigkeit erst geprüft werden müssen. Die wichtigsten Vorfragen sind, ob es denn in der Tat überwiegend die Minderwertigen sind, welche durch die Infektionskrankheiten ausgemerzt werden und ob denn die Infektionskrankheiten nicht nebenbei auch als Neuerzeuger von Minderwertigkeit wirken? Ebenso wie die erste Frage, wenigstens für eine ganze Reihe von Infektionskrankheiten, verneint werden muß, muß die zweite für eine ganze Reihe von ihnen bejaht werden.

Es gehört durchaus nicht immer eine besonders große Empfänglichkeit oder eine besonders geringe Widerstandskraft, die als Minderwertigkeiten bezeichnet werden müßten, dazu, damit Erkrankung und Tod eintreten. Geradeso wie die beste Konstitution gegen die Flintenkugel keinen Schutz gewährt, gibt es viele andere Schädlichkeiten, gegen die der Körper einfach wehrlos ist, z. B. viele Gifte und manche Infektionskeime, so daß über Gesundbleiben, Erkranken und Sterben lediglich der „Zufall“ entscheidet, ob man von der betreffenden Schädlichkeit getroffen wird oder nicht. Wenn heute noch Tausende von blühenden Frauen an Wochenbettfieber zugrunde gehen, so liegt dies lediglich an der Mangelhaftigkeit unserer Hebammen; wenn Tausende von jungen Frauen von ihren gedankenlosen oder gewissenlosen Ehegatten mit einer Geschlechtskrankheit angesteckt werden und nun zeitlebens siechen und unfruchtbar bleiben, so ist dies ein Unglück, das sie auch in bezug auf ihre körperliche Beschaffenheit gänzlich unverschuldet trifft; wenn künstlich ernährte Säuglinge massenhaft am Durchfall sterben, so beweist dies absolut gar nichts für ihre angeborene Minderwertigkeit. Der Kinderdurchfall ist die Folge der Verderbnis der Kuhmilch oder anderer künstlicher Nahrung. Diese Verderbnis tritt besonders leicht und rasch bei hoher Temperatur des Aufbewahrungsortes der Nahrung ein, also im Sommer, in heißer Wohnung. Die jüngsten Kinder sind am meisten gefährdet durch solche verdorbene Nahrung. Je älter das Kind wird, um so leichter vermag es den meisten Schädlichkeiten zu widerstehen. Es ist daher klar, daß von den im Frühjahre, Frühsommer und Sommer geborenen Kindern ein viel größerer Bruchteil an Verdauungsstörungen und Nahrungsgiften stirbt als von den im Herbste oder Winter geborenen, die in die gefährliche Sommerszeit mit dem Alter von mehreren Monaten eintreten. Es wäre völlig willkürlich, anzunehmen, daß die im Frühjahre und Sommer geborenen Kinder es ihrer angeborenen Beschaffenheit nach verdienen, stärker dezimiert zu werden als die Herbstkinder. Solche Beispiele ließen sich beliebig vermehren.

Auch dort, wo wirklich eine gewisse Empfänglichkeit des Individuums dazu gehört, damit Erkrankung und Tod eintritt, darf nicht ohne weiteres von Minderwertigkeit gesprochen werden. Zunächst sei nochmals auf den Einfluß des Alters hingewiesen. Wenn das Kind an Varizellen oder an Diphtherie erkrankt, der Erwachsene aber nicht, so hat dies mit seiner individuellen Konstitution gar nichts zu tun, sondern nur mit der allen Individuen gemeinsamen physiologischen Veränderung des Körpers beim Heranwachsen. Man darf auch sonst nicht so obenhin von Kraft und Widerstandsfähigkeit, Schwäche und Widerstandslosigkeit sprechen. Es handelt sich da um gar nichts Einfaches und Einheitliches. Irgendeine ganz untergeordnete, für die körperliche Vollkommenheit des Individuums völlig bedeutungslose Beschaffenheit ist oft entscheidend über Tod und Leben. Es ist bekannt, daß sehr häufig gerade die blühendsten, bestgenährten jungen Leute mit anscheinend tadellosem Körper, voll Frische und Muskelkraft, dem Typhus, den Pocken, den Wundinfektionen usw. erliegen. Nicht von der größeren oder geringeren Vollkommenheit ihrer Organisation hängt ihr Leben ab. Junge Leute, welche die Stammeltern der besten Zucht hätten werden können, können zugrunde gehen, bloß deshalb, weil — rein zufälligerweise muß man sagen — ihre Säfte nicht genug von den Gegengiften gegen die betreffenden Mikrobiengifte enthalten. Dies ist nun freilich ein körperlicher

Mangel, aber einer, der völlig bedeutungslos ist, sobald und solange es der Hygiene gelingt, den betreffenden Infektionskeim aus unserer Umgebung wegzuschaffen.

Die Krankheiten sind also ohne Zweifel sehr verschwenderische Vorgänge, bedeuten jedenfalls neben der Ausmerzung von Minderwertigen eine Vergeudung von vielen wertvollen Varianten. Man könnte sich darüber trösten mit der Hoffnung, daß die Natur in ihrer überschwenglichen Zeugungskraft leicht imstande sein werde, die Lücken wieder zu füllen. In der Tat könnte der Prozeß trotz aller Verschwendung überwiegend nützlich sein, wenn nur alle von den Krankheiten Ergriffenen und Geschwächten auch rasch getötet und so von der Fortpflanzung ausgeschlossen würden. Aber dies ist keineswegs der Fall. Jeder Arzt weiß, daß sich die Tuberkulösen oder die an den Staubinhalationskrankheiten Hinsiechenden (Bergarbeiter, Metall- und Glasschleifer, Steinmetzen usw.) noch sehr ausgiebig an der Kindererzeugung beteiligen. Und ebenso ist es mit den Malariakranken, mit den Luetikern und mit den außerordentlich vielen durch akute Erkrankungen dauernd Geschädigten und Geschwächten. Unter allen diesen durch Krankheit Geschädigten und Geschwächten und so erst recht zur Erzeugung einer kräftigen Nachkommenschaft ungeeignet Gemachten befinden sich aber außerordentlich zahlreich solche, welche von Geburt aus gute und beste Rassenelemente gewesen wären. Während die Infektionskrankheiten auf der einen Seite Minusvarianten ausmerzen, erzeugen sie somit auf der anderen Seite neue. Es ist bekannt, daß gerade die Gifte der Infektionskeime zu den schlimmsten Feinden der Keimdrüsen und Keimzellen gehören. Würde die Krankheit des Tuberkulösen rechtzeitig eingedämmt worden sein, würde seine Keimdrüse infolgedessen nicht durch das Tuberkelgift geschädigt worden, nicht infolge der Krankheit unterernährt worden sein, dann würde wohl sein Kind gar keinen günstigen Nährboden für einen neuen Ansteckungskeim darbieten.

Selbst was die von Geburt Minderwertigen anbelangt, ist die Unentbehrlichkeit der Krankheiten als Auslesemittel höchst zweifelhaft. Durchaus nicht jeder wirklich Minderwertige, der infolge seiner Minderwertigkeit einer Infektion erlegen ist, ist von Geburt aus minderwertig gewesen oder hat minderwertig bleiben müssen. In einer unendlich großen Zahl von Fällen beruht die Minderwertigkeit nicht auf ursprünglicher Minderwertigkeit der Keimstoffe, sondern ausschließlich auf der Ungunst der äußeren Verhältnisse. So ist das Kleinbleiben der Kinder der Armen, ihre Anämie, Rachitis und Skrofulose sehr häufig ausschließlich die Folge ihrer unzulänglichen Ernährung, entweder schon im Mutterleibe oder nach der Geburt, und Tausende und Tausende von elenden Kindern könnten noch zu kräftigen, normalen Menschen gemacht werden, wenn man sie rechtzeitig unter gute Lebensbedingungen versetzen könnte. Wir haben schon oben auf die oft so überraschenden Erfolge der Ferienkolonien hingewiesen, wie da in wenigen Wochen Kinder in die Höhe schießen, um viele Kilogramme zunehmen und nun manchmal dauernd auf eine höhere Stufe gehoben bleiben, zum Beweise, daß nur das feindliche Schicksal ihr Gedeihen verhindert hatte, zudem in ihrem Organismus alle Bedingungen vorhanden gewesen wären. Dasselbe, wie von der im Extrauterinleben erworbenen gilt überaus häufig auch von der angeborenen quantitativen Minderwertigkeit, daß sie unabhängig von den ererbten Qualitäten des Keimplasmas lediglich von der Ungunst zufälliger Umstände während

des Wachstums und der Reife des einen oder anderen elterlichen Keimes, während der Befruchtung des Eies oder während des Lebens der Frucht im Mutterleibe verursacht ist. In derselben Getreideähre sehen wir außerordentlich verschieden große Körner. Wie diese, klein oder groß, bei der Aussaat gleiche Ähren mit den gleichen Körnergrößen liefern, so steht fest, daß auch bei Tier und Mensch die Minusvarianten aus „Zufall“ ebenso gute Keime liefern können wie die Plusvarianten in bezug auf Quantität, deren Mehrzahl ebenso nur Plusvarianten „aus Zufall“ sind und daher auch nicht bessere Keime produzieren als der Durchschnitt. Jene Minusvarianten „aus Zufall“ müssen daher gar nicht im Interesse der Rasse von der Fortpflanzung ausgeschaltet werden und können sogar zu den besten Rassenelementen gehören, wenn sie von edlen Stämmen herkommen. Die Keime führen eben ein von dem ihrer Träger in vielen Stücken in hohem Maße unabhängiges Leben und haben ihre eigenen Schicksale. In einem minderwertigen Soma können Keime bester Qualität produziert werden, im scheinbar hochwertigen schlechte. Auch noch in einer anderen Beziehung erscheint die Auslese durch Krankheit recht wenig rationell; gerade die sozial und generativ schlimmsten Varianten, Vagabunden, Geisteskranke, Verbrechernaturen erfreuen sich oft einer robusten Gesundheit und machen von ihrer Fortpflanzungsfähigkeit ausgiebigen Gebrauch, wenn sie nicht durch eine vernünftige Gesellschaftsordnung daran gehindert werden.

Offenbar ist also die Entscheidung über Nutzen oder Schaden der Krankheit als Auslesefaktor recht schwierig und nicht am Schreibtisch zu treffen, sondern nur durch Erforschung der Wirklichkeit. Leider sind unsere Kenntnisse über die physische Beschaffenheit der Kulturvölker völlig unzureichend, um uns ein sicheres Urteil über den Grad ihrer Gesundheit und Tüchtigkeit zu gestatten, um uns eine klare Antwort auf eine Frage von so ungeheuerer Wichtigkeit zu ermöglichen, wie die, ob die physische Durchschnittsbeschaffenheit eines Volkes im Auf- oder im Absteigen sich befindet. Daher können wir uns auch noch keine Gewißheit darüber verschaffen, ob es der Hygiene bereits gelungen ist, bis zu den Wurzelbedingungen des dauernden Gedeihens der Rasse vorzudringen; drücken uns noch recht bange Zweifel, ob wir nicht vielfach Mücken seihen und Kamele durchlassen, ob denn die gesundheitlichen Ratschläge und Vorschriften, welche wir dem Individuum erteilen, auch alle nützlich sind? Wir brauchen viel umfassendere, viel gründlichere vergleichende Untersuchungen über die Physis der Völker; auch dazu, um die theoretische hygienische Forschung auf jene Kardinalfaktoren hinzulenken, von denen die Möglichkeit einer Hochzucht abhängt.

Sicher ist, daß sich die Beschaffenheit der Bevölkerungen durchaus nicht überall so günstig zeigt, wie von der Seite der Sterbeziffer. Wir finden die Bevölkerungen durchsetzt mit Minderwertigen und in der mannigfaltigsten Richtung Krankhaften, die Zahl der körperlich, geistig und sittlich annähernd vollkommenen, sozial und generativ höchstwertigen Individuen außerordentlich gering. Gewisse krankhafte Zustände, wie Myopie und Zahnkaries, sind ohne Zweifel im Zunehmen; andere, wie namentlich die verhängnisvolle nervöse Vulnerabilität und Neurasthenie und die Geisteskrankheiten, mit höchster Wahrscheinlichkeit. Selbst unser nächstes Ziel, die Verminderung der Sterblichkeit auf das — sozusagen — physiologische Minimum haben wir noch lange nicht erreicht. Insbesondere muß es uns beunruhigen, daß die relative Höhe der Männersterblichkeit in der Stadt

(im Alter von 25 bis 60 Jahren etwa um 50 Proz. höher als jene auf dem Lande) noch immer fortbesteht. Noch bedenklicher ist die Tatsache, daß das ungewollte, physisch erzwungene Massensterben der Familien in der Stadt, in den höheren Ständen ebenfalls anscheinend unvermindert, vielleicht sogar in erhöhtem Maße fortbesteht [4]. Degenerieren wir wirklich trotz aller Hygiene? Und wenn, woran liegt es? Die Panmixie kann es nicht sein oder wenigstens nicht allein und nicht vorwiegend sein, dazu ist beim Menschen mit seiner langen Generationsdauer die Periode der stark verminderten Sterblichkeit viel zu kurz. Es müssen noch immer schwere Schädlichkeiten auf die Bevölkerungen einwirken. Einen Teil dieser Schädlichkeiten kennen wir: die Geschlechtskrankheiten, den Mißbrauch des Alkohols und anderer Genußgifte, spezifische Berufsschäden; aber stellen diese bekannten Momente zusammen den zureichenden Grund dar? Oder wirken nicht noch andere Faktoren entscheidend mit, die uns noch verborgen geblieben sind? Immer wieder kommen wir zur Forderung einer ähnlich gründlichen Beobachtung und Registrierung der Populationen, wie sie in neuerer Zeit die Landwirte gegenüber ihren Tierzuchten üben. Eine systematische dauernde Kontrolle muß organisiert, eine ins einzelne gehende Untersuchung von sorgfältig ausgewählten typischen Bevölkerungsgruppen muß durchgeführt werden.

Diese Forschungen werden eines in helles Licht setzen, das kann man heute schon mit Bestimmtheit vorhersagen: die übermächtige Bedeutung der angeborenen Beschaffenheit, verglichen mit den Einwirkungen des Extrauterinlebens. So groß die Wirkung der Umwelt ist, wie wir gesehen haben, über eine gewisse, ziemlich eng gezogene Grenze geht ihr Erfolg nicht hinaus. Die ererbten Anlagen bestimmen das Maximum des bei optimalen Bedingungen Erreichbaren; an qualitativ schlechten Keimanlagen scheitern die besten hygienischen Maßregeln und der Versuch, aus schlechten gute Keimstoffe zu machen, erscheint vorläufig außerordentlich hoffnungsarm. Allzulange hat sich die Hygiene durch den Gleichheitswahn betören lassen und gemeint, daß es nur auf die richtige Gestaltung der Umwelt ankomme, um aus jedem Menschen eine Vollkommenheit zu machen. Je reichlicher uns aber das Material der Ahnen- und Sippschaftstafeln zufließt [5], um so gewaltiger tritt uns in gutem wie in schlechtem Sinne die Macht der Vererbung entgegen. Unendlich viel rascher und gründlicher als durch irgendwelche Modifikationen der Umwelt würde sich die konstitutive Gesundheit, Tüchtigkeit und Leistungsfähigkeit eines Volkes durch Ausschluß der qualitativ Minderwertigen, hereditär Bemakelten von der Fortpflanzung herbeiführen lassen; durch eine Auslese, die nicht von der blindlings waltenden vernunftlosen Natur, sondern von dem wohl überlegten Wollen des Menschen getroffen werden muß.

Wenn wir nicht Mittel finden, das Neuauftreten von Keimverderb zu verhindern, wird unsere ganze übrige Hygiene stets nur einen halben Erfolg erzielen können. Daher darf auch die Hygiene nicht bei ihrem alten Programme stehen bleiben und sich auf das Studium der Umwelt des „Soma“ beschränken. Sie muß auch vor allem Hygiene der Keimstoffe zu werden suchen, Eugenik, Züchtungskunst. Da sie am Menschen nicht experimentieren darf, wird sie mit größter Aufmerksamkeit die Forschungen der Botaniker und Zoologen begleiten müssen, die nun glücklich die Periode der Selektionsscholastik überwunden haben und eifrigst mit

dem Zauberwerkzeug der Naturwissenschaft, mit dem Experimente arbeiten. Bald wird der Hygieniker selbst auch zu lösbaren Fragestellungen kommen, welche dem Nichtmediziner fern liegen. Möge es ihm dann an den äußeren Mitteln nicht fehlen, welche derartige Studien in besonders reichlichem Maße erfordern.

Dies ist die eine Wendung, welche die Hygiene nehmen muß, wenn sie den dringendsten Bedürfnissen des wahren Volkswohls genügen will. Die andere wird durch die Notwendigkeit gefordert, sich mehr als bisher um die Psyche zu kümmern. In je höherem Maße es uns gelingt, der äußeren Schädlichkeiten Herr zu werden, je mehr Freiheit wir dem Menschen auch in dieser Richtung verschaffen, um so deutlicher tritt hervor, daß wir niemanden gegen und ohne seinen Willen gesund erhalten können, daß jeder selbst seines Glückes Schmied sein muß.

Nun haben wir es ja schon seit langem nicht daran fehlen lassen, das Individuum zu hygienischer Aufmerksamkeit und Vorsicht zu erziehen, ihm Hilfsmittel an die Hand zu geben, um sich selbst zu schützen. Man darf sogar behaupten, daß heute in dieser Richtung zu viel geschieht. Es besteht die Gefahr, daß wir dadurch Ängstlichkeit, Zimperlichkeit, Wehleidigkeit, Feigheit, Arbeitsscheu, Philistertum und Solipsismus großziehen. Die Industrie hat sich auf die Gesundheitstechnik geworfen und erzieht ihren Kunden immer raffiniertere Bedürfnisse an, um daran ihren Profit zu machen. Daraus kann nur Unheil entstehen, Unheil für den Einzelnen, wie für die Gesamtheit.

Der Organismus ist nicht eine starre, mühsam ersonnene und knapp gerade dem Bedarf genügende Maschine, die stets auf das allersorgfältigste geputzt und geölt und nachgebessert werden muß, wenn sie nicht alsbald stehen bleiben soll; er ist ein unendlich vollkommneres Ding, voll Dehnbarkeit, Elastizität und Anpassungsfähigkeit. Dem Körper diese elastische Dehnbarkeit zu erhalten, ist eine der Hauptaufgaben der Hygiene. Wenn der Organismus ebenso bedient sein müßte, um funktionieren zu können, wie eine vom Menschen gebaute Maschine, was hätten wir dann mit den nur halb und nur viertel richtig ausgeführten hygienischen Maßregeln erreichen können! Aber der Organismus ist dankbar für die kleinste Hilfe. Wie dem Kinde, das eben gehen gelernt hat, die Berührung mit der Fingerspitze Stütze genug ist, so braucht der funktionsfähige Organismus nur Schutz vor dem Allergröbsten. Daher nichts von Verweichlichung, nichts von Erschlaffung. Dazu brauchen wir aber den Willen des Individuums; nicht sein Wünschen, sondern seine Fähigkeit, sich zu überwinden, zu entsagen. Und noch gegenüber anderen Gefahren brauchen wir seine Mitwirkung. Zu den größten Übeln, welche den einzelnen Menschen wie die Rasse heute bedrohen, gehören ohne Zweifel die Geschlechtskrankheiten und der Alkohol. Sie lassen sich vom Einzelnen nicht fernhalten, ohne seine Einsicht und ohne seinen Willen; ohne seine freiwillige Unterwerfung unter das hygienisch sittliche Gebot, ohne sein Pflichtgefühl gegenüber seiner Rasse.

Das Individuum ist nicht Selbstzweck. Der Mensch muß dem Nächsten und sich selbst zum Unglück werden, wenn er sich als Selbstzweck behandelt. Zu seinem eigenen Gedeihen muß es sich in den Dienst der Rasse stellen. Auch vom Standpunkte der Hygiene aus müssen wir ihn zu diesem Dienst erziehen. Zügelloser Egoismus und Individualismus ist eine Hauptgelegen-

heitsursache für Neurasthenie und Schlimmeres. Nur die Einordnung in die Gesamtheit gibt dem Individuum den erforderlichen Halt.

Geburt und Tod sind die beiden großen Regulatoren der Spezies. Die Hygiene hat sich bisher fast nur um den Tod gekümmert. Wenn sie an die Geburt dachte, so geschah es zumeist nur mit einem gewissen Grauen vor der Lehre des Malthus; ob sie nicht bald einen solchen Überfluß von Menschen erzeugen helfen würde, daß daran ihr Werk wieder scheitern müsse? Heute steht es anders! Bald wird es nicht mehr unsere größte Sorge sein, daß nicht zu viele Menschen sterben, sondern daß genug geboren werden. Die bewußte Regelung der Zeugung ist ein notwendiges Glied in einer vernünftigen Regelung der menschlichen Dinge. Aber das „Eritis sicut Deus, scientes bonum et malum“ ist nirgends gefährlicher als hier, wo Egoismus und Gefühl für die Rasse in so harten Konflikt geraten. Zum Gedeihen von Volk und Staat gehört vor allem ein reichlicher Nachwuchs, ein genügender Nachwuchs von gesunden, tüchtigen und arbeitslustigen Arbeitern und Müttern und ein genügender Nachwuchs von intelligenten und tatkräftigen Führern. Beides droht zu versiegen, wenn die Geburtenrate weiter so rapid zurückgeht, wie in fast allen Kulturländern im Laufe der letzten Jahrzehnte. Wird es gelingen, die Produktion auf eine vernünftige Höhe dauernd einzustellen? Dies ist die größte Zukunftsfrage für alle Kulturvölker geworden. Die Hygiene als Hüterin des Lebens darf an ihr nicht vorübergehen. Sie muß vor allem ihr Gewissen erforschen, ob sie nicht durch zu weitgehende kostspielige Anforderungen bezüglich der Aufzucht der Kinder und Jugendlichen, durch ein zu großes Raffinement der Gestaltung der hygienischen Lebensbedingungen überhaupt, durch das Großziehen von Luxusbedürfnissen das Leben zu sehr erschwert, von der Erzeugung und Aufzucht von Kindern abschreckt. Sie wird weiter als erste berufen sein, eine rassenhygienische Moral, wie sie die Juden in früherer Zeit in so hohem Maße besessen haben, großzuziehen und sie wird endlich mithelfen müssen, eine wirtschaftliche und gesetzliche Ordnung auszudenken und zu schaffen, welche diejenigen, welche gegenüber ihrem Volke ihre Pflicht erfüllen und ihm eine Schar von tüchtigen Kindern erzeugen, dafür nicht geradezu wirtschaftlich bestraft, wie das heute tatsächlich der Fall ist.

Leben und Gesundheit der Rasse muß unser Leitgedanke werden, sonst wird auch unsere Wissenschaft, die die Förderin des Lebens sein soll, zu einem Faktor des Todes.

Literatur:

1) Z. B. in Karl Pearson, Nature and Nurture. The Problem of the Future. London, Dulau & Co. 1910. (Dort weitere Literaturangaben.)
2) Hermann v. Hößlin, Über den Einfluß ungenügender Ernährung auf die Beschaffenheit des Blutes. Verh. d. Gesellschaft f. Morphologie u. Physiologie in München 1890, S. 119 u. ff.
3) Rudolf Virchow, Gesammelte Abhandlungen. I. Bd.
4) M. v. Gruber, Organisation der Forschung und Sammlung von Materialien über die Entartungsfrage. „Concordia“ Nr. 11, 1910.
5) Z. B. Treasury of Human Inheritance (bisher 5 Bände). London, Dulau & Co.

Die Geschichte der Hygiene.

Von

M. Rubner in Berlin.

Die Geschichte der Hygiene.

I.

Die Geschichte der Gesundheitspflege ist so alt wie das Menschengeschlecht überhaupt, Gesundheitspflege ist die bewußte Vermeidung aller der Gesundheit drohenden Gefahren und die Betätigung gesundheitsmehrender Handlungen.

Biologische Grundzüge, welche zur Gesunderhaltung führen, sind natürlich allen Lebewesen eigen. Wenn wir von den allereinfachsten automatischen Funktionen der Reizempfindung und darauffolgender Reaktion absehen und nur die komplizierteren Handlungen selbst betrachten, so sind sie in ihren Motiven Äußerungen einerseits des im ganzen Reiche der Lebenden verbreiteten notwendigen Selbsterhaltungstriebes, welcher das Wohlergehen der Individuen zum Ziele hat und anderseits eines sozialen Grundzuges, der vom Individuum Opfer für die Allgemeinheit verlangt.

Während sich bei den Tieren diese zur Erhaltung der Art unentbehrlichen Vorgänge in ewig gleichem Geleise bewegen, liegen die Verhältnisse für die Menschen in einem wesentlichen Punkte völlig anders. Die Gesundheitspflege ist für ihn von ganz besonderer Bedeutung, weil er sich durch die Beherrschung der Natur künstliche Lebensbedingungen geschaffen hat, die wir mit dem Gesamtbegriff Kultur bezeichnen. Er führt den Kampf ums Dasein nicht durch Transformierung und Akkommodation seines Leibes, an die neuen Bedingungen, sondern gestaltet diese selbst meist so, daß sie seinem Körper angepaßt sind.

Die Triebfedern der menschlichen Kultur sind aber niemals ausschließlich gesundheitliche Ziele gewesen. Die Berufsgliederung, Städtebildung, Förderung politischer Verbände, Bildung der Nationen, künstlerische Leistungen, philosophische und religiöse Systeme, Erfindungen technischer Art, Handelsbedingungen, Weltverkehr, Kolonisation sind nicht Erscheinungen, die aus der nüchternen Überlegung des Kampfs ums Dasein herausgewachsen sind, sondern zum allergrößten Teil auf der Bahn des allgemeinen geistigen und materiellen Fortschrittes des Menschengeschlechtes liegen.

So sind Kulturzustände entstanden, in denen sich der Mensch, was seine gesundheitlichen Beziehungen anlangt, erst zurecht finden mußte. Diesen Kampf um seine Gesundheit hat er nicht zu aller Zeit mit den gleichen Mitteln und dem gleichen Erfolg zu führen verstanden. Perioden des Tiefstandes der gesundheitlichen Gedanken wechseln mit solchen, indem die Pflege der Gesundheit über das Maß persönlicher Verantwortlichkeit hinausging und zu staatlichen, sozialen Maßnahmen der Gesundheitspflege

führte. Schon in den frühesten Zeiten menschlicher Existenz sehen wir ihn in gleichartigem Kampfe um günstige Lebensbedingungen. Er sucht die Naturkräfte zu beherrschen, besitzt Feuer und Werkzeuge aller Art, einen wenn auch bescheidenen Hausrat, und Waffen zu Wehr und Jagd, er schützt sich durch Hütte und Kleidung vor den Unbilden der Witterung. Er ringt mit dem Gesundheitsfeindlichen in der Natur und sucht es von sich abzuwenden.

Noch heute haben wir bei manchen Naturvölkern ähnliche Verhältnisse, wie sie in der ersten Entwicklung der Kulturvölker bestanden haben.

Der rohe, ungezügelte Trieb zur Selbsterhaltung ist auch bei den Naturvölkern gedämpft durch die Mitempfindung für den Nächsten, durch ein Mitgefühl für das Wohlergehen der Allgemeinheit, ein der moralischen Ordnung geopferter Tribut, der bei einem Kulturvolk in einer abgeklärten Humanität seine schönsten Blüten treibt.

So ist es begreiflich, daß im Leben der Menschen der hygienische Grundgedanke der Fürsorge für das eigene Wohlergehen und das der Nachkommen, der Familie, der Sippe, der Nation zum Durchbruch kommen muß und daß wir überall in mehr oder weniger entwickeltem Maße auf diese empirische Hygiene stoßen, deren Früchte durchaus nicht die schlechtesten sind.

In dem Laufe wechselnder Kulturepochen sehen wir bald die eine, bald die andere Quelle der Hygiene reicher fließen. Die politische Formierung der Nationen drückt der Eigenart hygienischer Ziele ihren Stempel auf. Der hygienische Gedanke spiegelt sich in Gesetzen, Sitten und Gebräuchen, dem Komfort des Lebens, den Werken der Baudenkmäler wieder. Bald ist der Prophet, bald der Gesetzgeber, bald der Gelehrte sein Träger, im Dienste der höheren Macht, des Staates, des Individuums.

Die Hygiene ist nicht aus der Medizin herausgewachsen. Wir sehen ihre Entstehung direkt aus den Bedürfnissen des praktischen Lebens, nur vereinzelt werden in ärztlichen Schriften die Erfahrungen über vernünftige Lebenserhaltung besonders erwähnt. Man dachte auch gar nicht daran, alle Maßregeln, die tatsächlich einem einheitlichen hygienischen Gedanken und Ziele entsprechen, gemeinsam zu betrachten und zusammenzufassen. Das geschah erst in der Neuzeit, obschon das Wort „Hygiene“ im Altertum als Ausdruck für die vorbeugende Medizin und im Gegensatz zur heilenden Medizin wohlbekannt war.

Das Zeitalter der hygienischen Empirie reicht weit in die Neuzeit herein, es ist aber diese empirische Periode durchaus nicht unfruchtbar gewesen, im Gegenteil manche Errungenschaften älterer Perioden, welche durch politische Umwälzungen verloren gegangen sind, sind bis heute in altem Glanze nicht wieder erstanden. Schon in den ältesten Teilen der babylonisch-assyrischen Geschichte, deren Anfänge bis 4500 v. Chr. zurück zu verfolgen sind, sehen wir diese Völker auf sehr hoher Kulturstufe stehen, in den Werken der Technik und des Städtebaues, der Entwässerung von Land und Haus so wohl erfahren, daß vieles, was Jahrtausende später in griechischer und römischer Zeit uns originell und eigenartig schien, auf diese Quellen zurückzuführen sein dürfte. (Ninive und Babylon, C. Bezold, 1903.) Die ärztliche Beobachtung des Menschen war, wie aus den mannigfaltigen Krankheitsbeschreibungen dieser frühesten historischen Periode sich ergibt, gleichfalls weit fortgeschritten.

Bei den alten Ägyptern, welche schon anderthalb Jahrtausende vor unserer Zeitrechnung nach dem Papyrus von Ebers sehr entwickelte anatomische Kenntnisse, Kenntnisse von den verschiedenartigsten Eingeweidewürmern, von gewissen Augenkrankheiten, der Lepra usw., besaßen, waren außer den mehr auf die Priester beschränkten Speiseregeln und Vorschriften über die Hautreinigung, über die Grenzen privater Gesundheitspflege hinausgehende Bestrebungen, wie sich solche in den allgemeinen Bauanlagen offenbaren, nicht zu verkennen. Die Kanäle, Schleusen, Entwässerungsgräben, welche die Abfallstoffe der Städte teils bebauten Landstrecken, teils der Wüste zuführten (Rieselfelder), zeugen von ihrem Kulturstand.

Die hygienischen Vorschriften, welche Moses erließ, sind zumeist von den Ägyptern entlehnt und nur einzelne Punkte nach den besonderen Bedürfnissen seines Volkes modifiziert. In der Bekämpfung der ansteckenden Krankheiten, vor allem der Lepra, tritt uns die Isolierung des Kranken, seine Ausscheidung aus der Berührung anderer als durchgreifendes Prinzip entgegen. Das einzelne Individuum wird der Allgemeinheit zum Opfer gebracht. Das Verbrennen des vom Kranken benutzten Inventars, die Vorschriften über das Reinigen der Kleidung, des Körpers nach überstandener Krankheit, sind allgemeine Züge des herrschenden prophylaktischen Gedankens. Die bei den Ägyptern nur bei den Priestern geübte Beschneidung wurde auf alle Männer ausgedehnt. Der geschlechtliche Verkehr wurde durch besondere Vorschriften geregelt, der Beischlaf während der Menstruation untersagt, Ehen unter Verwandten verboten. Die jüdischen Speisegesetze suchen die Krankheitsverbreitung durch Nahrung einzuschränken und führen in ihrem Endziel zur Wahrung der gemischten Kost. Die mosaischen Bücher enthalten auch Vorschriften über Begräbnisanlagen, welche außerhalb bewohnter Orte einzurichten waren, über die Beseitigung menschlicher Dejekte (Vergraben im Boden), der Reinhaltung von Brunnen und Wasserbehälter. Die Wahrung der gesetzlichen Vorschriften lag in den Händen des Priesters (Cohen). Da so die Gesundheitslehren zugleich Inhalt der Religionslehre waren, wurde deren allgemeine Durchführung am sichersten gewahrt. Moses sprach also im Namen der Religion.

Die griechische Hygiene hat Ideen von den Ägyptern aus dem Zeitalter der Propheten bei den Juden übernommen. Ihre einheimischen Quellen führen nach Litrée zurück, auf den Tempel des Äskulap, d. h. auf die Lehren der Asklepiaden, auf die Aussprüche der Philosophen, auf Beobachtungen, die man über Nahrungseinfluß, Arbeitsleistung und ähnliches in den Gymnasien anstellte.

Vor allem ist Lykurg (1800 v. Chr.) zu nennen, der den Staat für verpflichtet hielt, für die Gesundheit der Bürger zu sorgen; er lehrte, daß zur Kräftigung des Körpers Mäßigkeit, Einfachheit der Sitten, Abhärtung nötig sei; er bezeichnet die Erziehung der Kinder als eine Aufgabe des Staates, indem er den Grundsatz aufstellt: „daß keiner für sich allein da ist, sondern mit anderen für das Ganze lebt."

Auch Solon, Pythagoras, Plato und Aristoteles huldigten diesen Anschauungen Lykurgs und verlangten Gesundheitsbeamte, die sie für unentbehrlich hielten.

Besonders waren es Plato und Aristoteles, welche ein hohes Verständnis für die Bedeutung der Gesundheitspflege bewiesen. Sie legten den größten Wert auf eine richtige Kindererziehung, vor allem auf die gym-

nastischen Übungen und auf die Ringkunst. Der Geist und der Körper dürfen nicht zugleich angestrengt werden, weil jede der beiden Anstrengungen ihrer Natur entgegengesetzt wirkt, indem die des Körpers den Geist, die des Geistes den Körper hindert. Aber auch über diese Grenze persönlicher Fürsorge hinaus war ihr Augenmerk allgemeinen Maßnahmen, öffentlichen Wasserleitungen, Bädern, der Anlage von Straßen und der Herstellung von Bauten zugewendet.

„Das, was wir am meisten und am häufigsten für den Körper brauchen", sagt Aristoteles, „hat auch den meisten Einfluß auf die Gesundheit. Es ist das besonders die Luft und das Wasser. Für eine Stadt ist das Notwendigste eine gesunde Lage. Wasser und Quellen müssen in gehöriger Menge, womöglich in der Stadt selbst vorhanden sein; ist dies nicht der Fall, so wird geholfen durch Anlage von zahlreichen und großen Behältern zur Aufnahme des Regenwassers, so daß im Falle der Absperrung vom Lande während eines Krieges niemals ein Mangel daran entstehen kann. Deshalb muß in einer vorsorglichen Stadtverwaltung, wenn nicht alle Wasser gleich gut und keine Fülle von guten Quellen vorhanden ist, zwischen dem zum Genusse und dem zu anderen Zwecken bestimmten Wassern ein Unterschied gemacht werden."

Bezüglich der Turnplätze und der Bäder sagt Plato: „In allen Städten sollen die Jünglinge teils für sich selber Turnplätze, teils für die Greise die diesen nötigen warmen Bäder anlegen, damit diese Bäder den Erkrankten heilen und den von der Feldarbeit angegriffenen Leibern eine Pflege gewähren, welche ihnen weit besser bekommt als die eines nicht besonders tüchtigen Arztes."

„So setze man also noch drei Stadtaufseher ein, welche für die Straßen der Stadt sowie für die Wege, welche vom Lande in sie hinein führen, für die Häuser zu dem Zwecke, daß sie den Gesetzen gemäß gebaut werden, und endlich auch dafür Sorge tragen, daß alles Wasser in hinreichender Menge in die Behälter gelange und sich darin erhalte."

Wie Lykurg im Namen des Staates für die Pflege der Gesundheit eintritt, so Hippokrates im Namen der Natur. Jede Krankheit, meinte er, hat ihre natürliche Ursache, zu ihrer Erkenntnis wird die Forschung aufgerufen. Wer durch die Untersuchung der Natur die äußeren Dinge kennen lernen könnte, vermöchte immer auch zu wählen, was das Beste ist, denn das Beste ist das am weitesten entfernte von dem Schädlichen. Hippokrates schildert den Einfluß der Nahrung, der Lebensweise, des Wohnens auf die Gesundheit. Besonders in dem Buch „Von der Luft, dem Wasser und den Gegenden" sind eine Fülle von Beobachtungen über Klimawirkungen auf den Menschen und dessen Gesundheit enthalten.

Bei den Römern sind schon in den zwölf Tafeln sanitäre Maßregeln von hoher Bedeutung niedergelegt: Die Beaufsichtigung der Lebensmittel, Kloaken und Kanäle, die Regelung der Leichenbestattung und das Verbot der Beerdigung innerhalb der Stadt. Zur Überwachung dieser Vorschriften waren Zensoren bestimmt. Zur Beurteilung des Bodens wurde die Untersuchung der Eingeweide der Tiere herangezogen, indem man annahm, daß namentlich bei den Pflanzenfressern bei ungesundem Boden Veränderungen in den inneren Organen sich zeigen müßten. Bei ungünstigen Verhältnissen des Bodens scheute man selbst von der Verlegung ganzer Städte nicht zurück. Der Zusammenhang des Bodens mit den Fiebern war wohl bekannt,

man entwässerte den Boden durch Gräben und eingelegte tönerne Drainageröhren. (Austrocknung der pontinischen Sümpfe.) Für die körperlichen Übungen war durch Anlage zahlreicher Gymnasien gesorgt.

Mustergültig waren die römischen Badeanlagen. In der frühesten Zeit begnügten sich die Römer mit dem Wasser, welches sie aus dem Tiber oder aus Brunnen schöpften; aber schon im Jahre 614 v. Chr. wurde unter dem König Ancus Marcius die erste Leitung, die Aqua Marcia gebaut, deren Quellen 10 km von der Stadt entfernt lagen. Am Ende des ersten Jahrhunderts zählt Julius Frontinus, der das vornehme Amt eines Wasserkurators bekleidete, in seinem Buche „Über die Wasserversorgung von Rom" neun Wasserleitungen auf, welche reines Quellwasser von den Bergen her, aus Entfernungen bis zu 80 km, in einer Menge von 1500 Millionen Liter der Stadt zuführten. Die Technik der Wasserleitung war, wie Vitruvius in seinem Werk über Architektur dartut, eine hochentwickelte. Die großen Wassermengen, über welche Rom verfügte, kam der allgemeinen Gesundheit sehr zugute. Es war dadurch die sorgfältige Reinigung der Straßen, die Errichtung zahlreicher Bäder, die Schwemmung der Kanäle ermöglicht.

Außer den vielen Privatbädern gab es auch öffentliche Bäder, zu denen Augustus die erste Anregung gab. Großartig eingerichtet waren die Bäder des Nero, der Agrippina, des Diokletian, des Titus, des Trajan. Unter Justinian gab es 815 öffentliche und private Bäder und 1352 große Bassins und Reservoirs, welche durch 14 Aquädukte gespeist wurden.

Schon zur Zeit des fünften Königs, Tarquinius Priscus, wurde eine unterirdische Kanalisation angelegt, die unter Tarquinius Superbus zur Vollendung kam. Durch dieses Kanalnetz wurde der wasserreiche, fast sumpfige Boden Roms entwässert und zugleich die Unreinigkeiten der Stadt mittelst der Cloaca maxima nach dem Tiber abgeführt.

Bis zu Augustus gab es in Rom noch viele Lehmhäuser; Augustus gab eine städtische Bauordnung heraus, bald entstanden Häuser aus Stein und Marmor. Die Höhe der Häuser wurde auf 70 Fuß festgesetzt; Trajan erniedrigte sie auf 60 Fuß. Die römischen Häuser hatten gewöhnlich nur ein Obergeschoß; die Familienzimmer sahen mit ihren Fenstern in die Höfe, welche durch ihre weite Anlage genügend Licht und Luft boten. Die Straßen aber hatten nur geringe Breite. Nach dem großen Brande unter Nero wurde bei den Neubauten eine gewisse Breite der Straßen im Verhältnis zu der Höhe der Häuser, die Anlage von Höfen und Säulengängen vorgeschrieben.

Die Bau- und Gesundheitspolizei war in den Händen von Ädilen, Zensoren und Kuratoren, die mit großer Machtvollkommenheit ausgestattet waren. Sie führten die Aufsicht über Gebäude und Kloaken, besondere Ädilen (Cereales) wachten über den Markt und den Nahrungsmittelverkauf. Dagegen scheinen sich die damaligen öffentlich angestellten Ärzte an den Bestrebungen zur Hebung der öffentlichen Gesundheit nicht beteiligt zu haben. Sie sind nur als Armenärzte tätig gewesen.

II.

Von den Römern der späteren Zeit sind namentlich Celsus und Galen zu erwähnen, in deren Schriften sich manche wertvolle Unterlage für eine gesunde Lebensführung finden.

Mit dem allmählichen Verfall des Römerreiches, mit der Völkerwanderung, den Verwüstungen Italiens, den Plünderungen Roms kamen all die hygienischen Kenntnisse im öffentlichen Leben mehr und mehr in Verfall. Ums Jahr 1100 blühte die medizinische Schule in Salerno und unter ihren Lehren finden wir auch die wesentlichen Grundzüge für eine persönliche Gesundheitspflege zusammengefaßt. Allein der Verfall öffentlicher hygienischer Einrichtungen konnte nicht aufgehalten werden. Zahlreiche Seuchen nagten an dem Mark des Volkes. Die Beulenpest überzog in Pandemien die ganze bewohnte Welt; bekannt ist jener Epidemienzug vom Jahre 1346—1353, der als schwarzer Tod beschrieben wurde und 26 Mill. Menschen als Opfer forderte; bekannt ist ferner, daß die Blattern im 6. Jahrhundert nach Europa eingeschleppt wurden. Gregor von Tours unterscheidet sie 581 genau von der Pest, um 900 n. Chr. hatten sie bereits die Niederlande erreicht, im 13. Jahrhundert Dänemark und England, im 15. Jahrhundert Deutschland. Lepra und Syphilis und die chronischen Exantheme wurden durch die Kreuzzüge verschleppt und bildeten eine allgemeine Landplage. Trotz alledem kam man nicht zu einheitlichen Maßregeln der Bekämpfung, wenn man auch da und dort zur Abwendung der Pest „isolierte“ oder auch mit unzulänglichen Mitteln „desinfizierte“, und die Aussätzigen aus der Menschheit sozusagen ausstieß und sie für sich allein zu leben zwang.

Alles, was zur Bekämpfung der Seuchen getan wurde, war mehr der Ausfluß der Forderungen der Nächstenliebe, denn Maßregeln, welche eine Ausrottung dieser Seuche hätten erreichen können. So sehen wir im Mittelalter die Errichtung zahlreicher Hospitäler.

Im ersten Jahrhundert begegnen wir den sogenannten Xenodochien, welche den Charakter von Herbergen hatten; im 4. und 5. Jahrhundert wurden einzelne Gebäudeteile der Klöster für die Krankenpflege benutzt, und erst im 6., 7. und 8. Jahrhundert wurden Krankenhäuser, welche zur Pflege und Behandlung von Kranken aller Art bestimmt waren, hauptsächlich durch kirchlichen Einfluß gegründet. Zu den ältesten Hospitälern gehört das Krankenhaus auf dem Monte Cassino aus dem 6. Jahrhundert, das Hôtel de Dieu in Paris aus dem 7. Jahrhundert, San Spirito in Rom aus dem 8. Jahrhundert. In Deutschland hat namentlich der „Deutsche Orden“ zur Verbesserung der Hospitalpflege beigetragen. Zur Unterkunft der mit ansteckenden Krankheiten Behafteten dienten die sogenannten „Leprosenhäuser“, geistliche Orden übernahmen Pflege und Wartung in den Spitälern. Im 13. Jahrhundert zählte man in Frankreich 2000 Leprosarien und schätzte letztere in ganz Europa auf 19000.

Die Hygiene der Städte und der Wohnungen, der Körperpflege stand auf niedrigstem Niveau, manchmal stößt man auf eine gewisse Überwachung von Nahrungsmitteln. Die Wasserversorgung war schlecht, die öffentliche Reinlichkeit ganz ungenügend.

III.

Eine Epoche von ganz besonderer Bedeutung hebt in dem Zeitalter des Übergangs vom Mittelalter in die Neuzeit an, es war dies die Zeit des Beginns der experimentellen Forschung auf dem Gebiete der Naturwissenschaften. Bis dahin hatte die rein empirische Erfahrung geherrscht. Das

ganze Wissen des Mittelalters fußte, insoweit die Kenntnis von der Natur in Frage kam, auf Aristoteles und Galen.

Im 15. Jahrhundert begann eine Reformation auf allen Gebieten. Den Vorstoß machte die kosmische Forschung durch die bekannten Entdeckungen von Kopernikus (1473 geb.), Galilei (1564 geb.) und Keplers (1571 geb.). Die Erfindung der Buchdruckerkunst, die Gründung der Universitäten hob das geistige Leben. Zu Botanik, Zoologie, Mineralogie wurde der Grundstein gelegt. Vesal (1543) löste die moderne Anatomie von der Tradition Galens und des Hippokrates, das Zeitalter der großen Anatomen begann. Fallopio, Eustachio, Colombo, Casserio lehrten den Bau des menschlichen Körpers und Harveys Entdeckung des großen Blutkreislaufs (1628) krönte das Werk. 1668 erschienen John Mayows berühmte 5 Abhandlungen, in denen das chemische Verständnis der Atmung, deren Mechanik, die Funktion des Herzens durch Experimente klargelegt wurde, nur schade, daß seine Zeitgenossen ihm die Anerkennung und seinen Werken die Verbreitung versagten. Wenn man auch vielleicht nicht sagen darf, daß in der eben geschilderten Zeit die Gesundheitslehre an sich literarisch in besonderem Maße gefördert worden sei, so sind doch eine Reihe bedeutsamer Untersuchungen, die gleich erwähnt werden sollen, entstanden, jedenfalls löste auch die Gesundheitslehre sich von der alten auf Hippokrates und Galen fundierten Tradition.

La Bruyère (de Crampier) behandelte die Ernährung, L. Cornaro berichtet über die genaue Menge der menschlichen Nahrung auf Grund von Selbstversuchen. Fr. Bacon zeigt in seiner Schrift „Historia morbi et vitae“ die Vorteile der direkten Beobachtung der Naturerscheinungen. Von ganz besonderer Bedeutung waren die Forschungen Santorios (1571), der die Anwendung des Thermometers zur Messung der Körpertemperatur zuerst empfohlen hat, und durch seine mit unermüdlichem Fleiß unternommenen Untersuchungen über den insensiblen Gewichtsverlust unter verschiedenen Umständen (Schlafen, Wachen, Arbeiten, bei Ruhe, bei Körperbewegungen, im Bade usw.) ein treffliches Bild dieser wichtigen Funktionen gegeben und geradezu eine hygienisch wertvolle Abhandlung geschaffen hat. Ende des 17. Jahrhunderts erschien ein Buch von Ramazzini über „die Krankheiten der Künstler und Handwerker und die Mittel, sich vor denselben zu schützen“, das erste Werk über Gewerbehygiene (erste deutsche Ausgabe 1704), reich an hygienischen Beobachtungen aller Art, das in 17. Auflage noch im Jahre 1823 im Gebrauch war.

Parallel mit der morphologischen Forschung ging auch die Entwicklung auf chemischem Gebiet; Paracelsus (1493—1541) erkennt, daß die Chemie nicht etwa der Goldmacherkunst, sondern der wissenschaftlichen Forschung zu dienen habe. Die nachfolgenden Gelehrten dieser Schule, die Jatrochemiker, haben manche wertvolle Erkenntnis errungen, wenn auch ihre Krankheitssysteme allmählich in Mißkredit kamen. Da war es vor allem die Gärung, der man Interesse zuwandte, van Helmont (1648), etwas später Wren, Sylvius, Becher, schieden die Bestandteile der alkoholischen Gärung, und letzterer erkannte, daß Fäulnis von der Zuckergärung verschieden sei. 1697 sucht Stahl die Vorgänge durch eine Theorie zu erklären, nach welcher Fäulnis und Gärung durch die Bewegung kleinster Teilchen hervorgerufen sei, die auf andere Flüssigkeiten übertragen werde, ein Gedanke, der fast bis zu Ende des 18. Jahrhunderts in Geltung blieb.

Die großen Volksseuchen hatten natürlich auch einen Teil der Ärzte angeregt, über deren Verbreitungsweise nachzudenken, besonders über die Pest wurde mancherlei hin und her debattiert. Ein Teil der Gelehrten war der Anschauung, daß dieselbe durch belebte Wesen hervorgerufen werde, ja dieser Gedanke scheint sogar weite Kreise der Bevölkerung angeregt zu haben, da man liest, daß man mit lärmenden Instrumenten ausgezogen sei, um die „Pestwolken" zu scheuchen, die man sich nach Art der Heuschreckenschwärme von kleinsten Tieren belebt vorstellte. Indessen versuchten schon Mitte des 17. Jahrhunderts Gelehrte in die Kleinlebewelt einzudringen. 1646 suchte aus Anlaß der verheerenden Pestepidemien Athanasius Kircher mit einem allerdings einfachen Mikroskop nach den krankmachenden Tierchen im Blute und erkannte auch zweifellos die Anwesenheit kleinster Lebewesen. Berühmt sind auch die mikroskopischen Forschungen Leeuwenhoeks (1675), dessen Darstellungen gar nicht bezweifeln lassen, daß auch er bereits Bakterien gesehen hat. Die kleinsten Organismen dachte man sich meist durch Urzeugung entstanden, deren Möglichkeit selbst für das Entstehen hochentwickelter Tiere, wie die Fleischmaden, ja sogar für Frösche, Mäuse, Aale nicht bestritten wurde. Spallanzani (1765) verwies alle solche Ideen ins Reich der Fabel, denn er zeigte durch Experimente, daß sogar die kleinsten mikroskopischen Formen nicht der Urzeugung entstammen, was später unberechtigterweise wieder in Zweifel gezogen wurde.

Ein Wiener Arzt, Plenczіz, entwickelte schon 1769 eine Theorie über die ätiologische Bedeutung der Mikroorganismen für die Entstehung der ansteckenden Krankheiten, die überraschend viel mit unserer modernen Anschauung gemein hat. Die Epidemien gaben damals der Wiener und Göttinger Schule Anlaß zu tüchtigen, statistischen und kasuistischen Untersuchungen.

Größeren Einfluß haben aber alle diese den parasitären Krankheiten gewidmeten Ideen nicht gewonnen. Ja selbst das bekannte Buch Hallers (1708—1777) „Elementa Physiologiae", das zum ersten Mal das physiologische Wissen in mustergültiger Disposition zusammen faßte, widmet der naheliegenden Anwendung der Physiologie auf die persönliche Pflege der Gesundheit so gut wie keine Beachtung.

Von allgemeinem hygienischen Interesse ist ein Werk Johann Pringles (1707—1782), welcher Generalphysikus bei den englischen Truppen war, die in den Jahren 1743—44 in Flandern, Holland und Deutschland kämpften. Er schrieb über die Armeeseuchen. Besonders interessant sind zwei Dinge; einmal die Erkenntnis, daß die Häufung von Lazaretten im Kriege ein großer Fehler sei, sie müßten zerstreut, die ansteckenden Kranken selbst weiträumig gelegt und die Stuben gut gelüftet werden. Man solle die Patienten so unterbringen, „daß einer, der die Gefahr der schlimmen Luft nicht versteht, meint, es wäre Platz für zwei- und dreimal soviel Patienten".

Pringle brachte aber noch einen anderen wichtigen Fortschritt zutage, er bestimmte seinen Chef, Grafen von Staire, mit dem französischen General Herzog von Noailles (1743) zu Aschaffenburg einen Vertrag abzuschließen des Inhalts: „Daß die Lazarette von beiden Seiten als Freistätten für die Kranken sollten behandelt und von beiden Teilen beschützt werden". Das ist also etwa dasselbe, was in den Jahren 1860, also 120 Jahre später, die

Genfer Konvention darstellte. Leider trat dieser humanitäre Gedanke in den napoleonischen Kriegen ganz in den Hintergrund.

Bildung und Wissen waren zu Anfang des 18. Jahrhunderts noch auf einen kleinen Kreis beschränkt. Im Volke herrschte überall noch ein Rattenkönig von Aberglauben, der Hexenglaube hatte noch festen Boden, selbst an den Universitäten war die Aufklärung noch eine sehr dürftige. Noch 1749 gab die theologische und medizinische Fakultät zu Würzburg in einem Hexenprozeß ihr Gutachten dahin ab, daß an der Existenz von Zaubereien und Zauberkünsten nicht zu zweifeln sei. Die Rechtspflege stand auf dem Boden der Tortur, die Schulen waren selten und mangelhaft geleitet. Die häufigen Kriege verwilderten das Volk. Völlerei, Unzucht, moralische Defekte fand man weit und breit. Die soziale Lage, besonders der niederen Stände, war trostlos. Dabei forderten Malaria, Pest, Typhusarten, Ruhr und Diphtherie zahlreiche Opfer. Der Ärztestand hatte die hohe wissenschaftliche Stellung, die er im 17. Jahrhundert eingenommen hatte, ganz verloren. Statt naturwissenschaftlich zu denken, erging man sich in wüsten Spekulationen und phrasenhaften Disputationen. Die Verwahrlosung der Kranken in den Spitälern war zum Teil geradezu erschreckend. Kranksein galt als Himmelsstrafe und als dem Menschen auferlegte Buße; der Irre wurde tatsächlich den wilden Tieren gleichgestellt. Die Krankenhäuser waren oft sozusagen Korrektionshäuser, da man körperlich Kranke, Irre, Gefangene gemeinsam internierte. Die Patienten lagen ohne Rücksicht auf die Art der Erkrankung zu mehreren in einem Bett. Daß bei diesen traurigen Verhältnissen die Mortalität allenthalben eine enorme war, wird man begreifen, von öffentlicher Gesundheitspflege konnte gar keine Rede sein. Da vollzog sich etwa seit der Mitte des 18. Jahrhunderts ein mächtiger Umschwung.

IV.

In Frankreich hatte sich seit dem Tode Ludwigs XIV. ein lebhafter Verkehr mit England angebahnt. Die Franzosen holten sich jenseits des Kanals auf politischem Gebiete die Ideen der bürgerlichen Freiheit und des Rechtes der Individualität. Die damals erstrebten idealen Güter, wie Duldung, Geistesfreiheit, Menschenwürde, für welche Voltaire kämpfte, sind heute Gemeingut aller geworden. De Lamettries Buch „Der Mensch eine Maschine“, das er böswilligerweise dem strenggläubigen Albrecht v. Haller gewidmet hat, von Holbachs „Système de la nature“ brachten die Ideen über Gleichberechtigung der Menschen noch schärfer zum Ausdruck. Es brachte die geistig höher Stehenden in Aufruhr und weckte die Liebe zum Mitmenschen und ließ wie ein Blitzstrahl plötzlich das Elend erkennen, das auf der niederen Volksklasse lastete. Das Gefühl der Humanität veranlaßte Gegenmaßregeln und Vorschläge, wie vor allem das Volkselend bekämpft und wie der Gesundheit genützt werden könnte. In allen möglichen Schriften der naturwissenschaftlichen Literatur finden sich Beweise, wie tiefgehend das Gefühl der Pflicht zur Humanität Wurzel geschlagen hatte und wie man bestrebt war, es praktisch zu betätigen. Wie von England aus die Ideen humanitärer Richtung ausgegangen, so begegnen wir auch zunächst in England der praktischen Betätigung dieses Ideals. Einer der ersten Vorkämpfer war John Howard (1726—1790). Als Kaufmann in französische Gefangenschaft geraten, lernte er am eigenen Leibe alle Härten des Gefängniswesens kennen. So hat er sich, als er die Frei-

heit wieder erlangt, die Verbesserung der Hospitäler und Strafanstalten zur Lebensaufgabe gemacht. In England begegnen wir auch den ersten Neuerungen im Krankenhausbau. Der Londoner Architekt Rovehead führte zu Plymouth für Seeleute ein Krankenhaus aus, ganz abweichend von allem, was man bis dahin kannte. Die alten Krankenhäuser waren, wie z. B. die Charité und das Hôtel Dieu zu Paris, umfangreiche Gebäude mit großen Sälen, in denen oft je 300—400 Personen zusammengedrängt waren und zu je 7—8 in großen Betten lagen. Statt dieser Mörderhöhlen baute Rovehead eine Reihe von Pavillons für die geräumig untergebrachten Kranken. Daneben besondere Gebäude für die Verwaltung in einer Anordnung, die auch heute noch das Ziel rationellen Krankenhausbaues darstellt. Ein Jahrhundert nach Rovehead kam man erst wieder auf seine Ideen zurück, als im Kriege zwischen den Nord- und Südstaaten in Amerika Mitte des 19. Jahrhunderts die Vorzüge luftiger Lagerung der Kranken mehr in den Vordergrund traten.

Nahm auch die Medizin des 18. Jahrhunderts keine sehr hervorragende Stellung ein, so ist doch gerade durch einen Mediziner, Peter Frank, ein Anstoß zum Neuaufschwung der Hygiene gegeben worden. Peter Frank, geboren zu Rothalben bei Zweibrücken (1745—1821), gehörte zur medizinischen Schule von van Swieten. Er wurde 1772 Leibarzt des Fürstbischofs von Speier, 1774 Professor zu Pavia, 1785 Professor zu Wien.

Sein Hauptwerk ist das sechsbändige System einer vollständigen medizinischen Polizei, dessen erster Band 1766, der letzte erst 36 Jahre später erschien. Er stellt sich zur Aufgabe, die bis dahin mit der gerichtlichen Medizin verbundene medizinische Polizei selbständig zu machen, was nichts anders heißen will, als die Begründung einer besonderen Disziplin für öffentliche Gesundheitspflege. Von Menschenliebe und Vaterlandsliebe durchdrungen, habe er sein Werk verfaßt, sagt er in der Vorrede. Die politischen Interessen des Staates mögen wanken, das Interesse für die Gesundheit der Bürger dürfe nicht schwanken. Die Gesundheitspflege ist nach ihm Sache des Staates, ein Gedanke, den auch Mirabeau schon 1756 zum Ausdruck gebracht hat. Nicht neue Untersuchungen will er bieten, „sondern die Vorsteher menschlicher Gesellschaft mit der Notwendigkeit der Natur ihrer Untergebenen und mit den Ursachen ihres körperlichen Übelbefindens bekannt machen.“ Das Wohlergehen der Bürger sei der Beachtung wert und doch werde mit ihm verschwenderisch umgegangen. Niemand kümmere sich darum; nur wenn Seuchen kommen, werde nach der Polizei gerufen; man verwende dann in einer Woche mehr Geld, als nötig ist, um dem Übel durch kluge Ordnung vorzubeugen. „Es ist beinahe mit den Untersuchungsanstalten alsdann wie mit den Feuerspritzen beschaffen, die man, wenn ein Dorf brennt, erst flicken und richten lassen muß. Das Feuer erlischt von selbst, ehe sie kommen; aber das Dorf liegt in Asche.“

Alle bedeutenden Fragen hat dieser scharfsinnige Forscher bereits angeschnitten; er hat viel erlebt und gesehen, so daß uns manchmal auch das Subjektive seiner Aussprüche fesselt. Die verständige Ordnung der Materie, die systematische Darlegung der Aufgaben überrascht, und die packenden Ausblicke auf die Zukunft und die Bewertung der Gesundheitspflege für den Staat sind noch heute lesenswert.

Er klagt über den Niedergang der Gesundheit in seiner Zeit, über die schwächlichen Ehepaare. Besonders die vielen Hagestolze sind ihm ein

Dorn im Auge; diese müßten, meint er, Steuern zu einer bestimmten Kasse liefern, aus der die Ehen Unvermöglicher unterstützt werden, wodurch man sie also indirekt, „mit fremden Kindern beehrt, wie man einer Henne fremde Eier zum Ausbrüten unterlegt."

Auch bei der Erziehung der Findlinge sollten die Hagestolze herangezogen werden; gesunde, arme Mädchen sollten die Ausstattung aus der Ausstattungskasse erhalten.

Über die Ehe, Heranbildung der Töchter, Frauenschutz in Gewerben, Kindererziehung, Pflege der Ziehkinder, Findelhäuser und die Schulhygiene finden sich ausführliche Darstellungen. Die Methode der Lehrer sei falsch, die geistige Ausbildung werde zum Nachteil der allgemeinen Gesundheit betrieben. Er verlangt, daß der „unter uns verlorene Geist der dem jugendlichen Alter so nötigen Leibesübungen" wiederkehre. Viel zu hoch seien die Anforderungen. Mehrfach müßten die Kinder mit vier Jahren zur Schule; das sei falsch. Die Schulzeit sei auch zu lang, die Schulstuben zu eng, ungenügend beleuchtet, schlecht gelüftet. Die Forderung von Subsellien, die dem Körper angepaßt seien, findet sich schon bei P. Frank. Der Ausschluß kranker Kinder wird gefordert. Die Gymnastik sei einzuführen, der Sport nicht zu vernachlässigen. Auch Spaziergänge mit den Lehrern, wobei gleich Naturlehre erörtert werden solle, empfiehlt er. So gut man für die Soldaten Exerzierhäuser baue, könnte man auch bei den Schulen ein Gebäude für die spielende Jugend errichten.

Die wenigen Beispiele aus dem sechsbändigen Werke mögen zeigen, wie umfangreich, an unsere modernen Bedürfnisse heranreichend, Peter Frank die öffentliche Gesundheitspflege aufgefaßt wissen wollte. Man kann vielleicht sein ganzes Glaubensbekenntnis am besten noch in seine eigenen Worte kleiden:

„Die Lehren, den gesunden Zustand des Körpers durch eine kluge Lebensart zu erhalten, die Krankheit von ihm abzuwenden und seine Tage, solange es die Gesetze der Sterblichkeit gestatten, zu fristen, oder die Hygiene, die Diätetik, die Prophylaktik ist eine der wichtigsten Lehren für das Menschengeschlecht."

„Die Gesundheitslehre verdient daher auch bei Neuordnung des Studienwesens die größte Rücksicht und muß in nicht reichen Städten nicht allein für Ärzte, sondern auch für den wißbegierigen Teil des Publikums und folglich auch für alle Schüler höherer Wissenschaften in der Volkssprache und mit Deutlichkeit vorgetragen werden."

Unter den Vorkämpfern des hygienischen Gedankens ist weiter Graf Rumford zu nennen. Die Geschichte der Physik wird sein Andenken stets bewahren; denn seine Untersuchungen auf dem Gebiete der Wärme sind epochemachend gewesen. Der spätere Graf Rumford war als Benjamin Thompson auf dem Lande in der Nähe von Boston am 26. Mai 1753 geboren. Er war frühzeitig auf sich angewiesen. Auf der Schule war sein Erfolg sehr zweifelhaft, dagegen hatte er den lebhaften Trieb, Natur und Leben kennen zu lernen. 1770 begann er auch Medizin zu studieren.

Durch Zufall wurde er mit dem Gouverneur von Boston bekannt und erhielt kurzerhand eine Majorsstelle in der englischen Kolonialarmee. Als die englischen Truppen 1775 Boston verließen, übersiedelte er nach England, wurde deshalb seitens der amerikanischen Regierung verbannt und seine Güter eingezogen.

In England wurde Thompson als Sekretär der Kolonialabteilung angestellt und nebenbei beschäftigte er sich mit seinen wissenschaftlichen Problemen. Eine Arbeit über Schießpulver und Geschoßgeschwindigkeit, die er auf dem Landsitze des Lord Germain ausführte, brachte ihm bald auch die Mitgliedschaft der Royal Society. 1783 sehen wir ihn auf seiner Reise auf dem Kontinent. Durch besondere Umstände wurde er veranlaßt, lange Zeit hindurch sein Domizil in München aufzuschlagen, wo er es zu den höchsten Ehrenstellen brachte und seine Nobilitierung erfolgte.

Unter den Lebenstaten Rumfords finden wir vor allem das praktische, mit Geschick durchgeführte Unternehmen, Armut und Bettelei zu bekämpfen. Aufgewachsen in den humanitären Kreisen der englischen Sphäre, fand er sich gerade während seines Aufenthaltes in München einer Bevölkerung gegenüber, die zum Teil in bitterster Armut und Not zu Tausenden vom Straßenbettel lebte. Das Problem, die niedrigste und ärmste Klasse der Bevölkerung zu heben, hat er mit unerhörter Kraft und mit einem Geschick in die Hand genommen, wie kein Mensch nach ihm. Er ist kein philosophierender Volksverbesserer, sondern ein praktischer Mann vom Scheitel bis zur Sohle, der in allen Dingen selbsttätig, experimentierend, messend arbeitet.

In erster Linie handelte es sich darum, Arbeitsgelegenheiten zu schaffen. Dazu wurden Häuser erworben, mit den nötigen Maschinen versorgt, dann für treffliche Unterbringung der Leute, für Kleidung, Kost usw. Mittel flüssig gemacht.

Es wurde ein Bureau zur Unterstützung und Beschäftigung für Arbeitslose eingerichtet, die Stadt selbst in 16 Wohltätigkeitsbezirke mit je einem Ausschusse eingeteilt. Als feiner Psychologe sucht er alles zu vermeiden, was die Armen in ihren Empfindungen verletzen konnte. Sein erstes Ziel war Reinlichkeit, Erweiterung der Selbstachtung, Ordnungsliebe und Weckung des Erwerbssinnes. „Der Einfluß der Reinlichkeit“, sagt er an einer anderen Stelle, „ist so groß, daß er sich auf den sittlichen Charakter des Menschen erstreckt. Tugend wohnt nie lange im Schmutz und Unsauberkeit; auch bin ich überzeugt, daß es nie einen übertrieben reinlichen Menschen gegeben hat, der ein vollendeter Bösewicht gewesen ist.“

Das soziale Problem, die Armut zu mindern, greift er auch noch von einer anderen Seite an, nämlich von der Seite der Verbilligung der Lebensbedürfnisse und der Lebenshaltung des kleinen Mannes, für die damalige Zeit ein eminenter Gedanke, und er allein brachte es auch fertig, die praktische Lösung zu finden. In klaren Worten wie auch durch Zahlen setzte er die ökonomischen Vorteile seiner Arbeitshäuser, die Vorzüge des Großbetriebes auseinander und schildert das Ineinanderarbeiten der einzelnen Abteilungen, die Ausnützung der maschinellen Einrichtung. Dann beschäftigt ihn das Problem, die Wärme des Holzes und der anderen Brennmaterialien tunlichst auszunützen. Jahrelang erfüllt ihm der Gedanke und das Studium, für die Arbeiterfamilien einen billigen, tragbaren, rationellen Kochherd zu erfinden; er beleuchtet die Fehler in der Verwendung des Feuers in den Küchen, zeigt die Vorteile der Dampfheizung, das Eindringen der Wärme in die Speisen bei einem Minimum von Brennmaterial, konstruiert billige, lange warmhaltende Geschirre für die Haushaltung des kleinen Mannes usw. Die Armen müssen auch billig und rationell beköstigt werden; er schafft öffentliche Speiseanstalten, Volksküchen, wo den Leuten die später-

hin so benannte Rumford-Suppe (aus Gerstengraupe, Erbsen, Kartoffeln, Schnitten feineren Weizenmehles hergestellt) zum Selbstkostenpreis verabreicht wurde. Er sorgt für die bessere Kleidung der Minderbemittelten.

Im Interesse des Armenhauses beschäftigt er sich mit vergleichender Lichtmessung, um die Leuchtkraft und Billigkeit verschiedener Lichtsorten zu erfahren. Dazu benutzte er einen Lichtmeßapparat, der von dem Mathematiker und Physiker Lambert, welcher in Berlin tätig war, herrührte. Der Vergleich der Lichtsorten fiel zugunsten der Öllampe aus, denn die Beleuchtung mit Wachslicht kostete schon damals neunmal soviel als die gleiche Lichtmenge bei Öl, wenn dieses „in einer argandinischen Lampe" brennt.

Da England seine zweite Heimat war, so widmete er unter anderem seine Aufmerksamkeit den offenen englischen Kaminen, erkannte ihre Mängel und ihre Wärmeverschwendung und suchte dem durch konstruktive Abänderung zu helfen. Er schildert dabei auch ganz zutreffend die Ursachen der Lüftung unserer Wohnräume und gibt den Hinweis, daß die Verschlechterung der Luft durch das Atemholen des Menschen durch ständig neueindringende frische Luft behoben werde. Halte man eine Kerze an einen Türspalt, so lasse die Art der Lüftung — Aus- und Einströmen — sich erkennen und auch finden, daß diese Vorgänge von dem Wärmeunterschied zwischen innen und außen abhängen. Bei manchen Systemen der deutschen Ofenheizung bemängelt er die zu starke Erwärmung der Ofenwand, wodurch der Staub, der sich darauf legt, verbrannt wird. Er verfolgt experimentell die Ursachen des Zuges in den Schornsteinen, die Gründe des Rauchens der letzteren usw.

Die Rußbeseitigung aus der Luft erkennt er als eine ökonomische und gesundheitliche Aufgabe. Er entdeckt die schlechte Wärmeleitung der Luft und besonders der ruhenden Luft, ein Gedanke, dessen praktische Tragweite für das menschliche Leben er sofort erfaßt. Er erkannte zuerst, daß der Luftgehalt der Kleidungsstoffe von Bedeutung für ihre Wärmehaltung sein müßte, und machte auch eine Reihe von Experimenten, um Material und Anordnung der Grundsubstanzen hinsichtlich dieser Eigenschaft zu vergleichen.

Rumford verdanken wir weiter die erste Kenntnis von der Eigenschaft der Kleidung, verschiedene Feuchtigkeitsmengen aus der Luft aufzunehmen. Das wissenschaftliche Interesse an der Bekleidung findet man überhaupt damals sehr weit gediehen, wenn man noch bedenkt, daß Peter Camper schon 1762 auf die Fehler der Fußbekleidung, und der Anatom Sömmering, in einer Preisschrift 1788 auf die schlimmen Folgen der Schnürbrüste hingewiesen hatte.

Zu den Gelehrten, in deren Leben die Beschäftigung mit hygienischen Problemen eine große Rolle spielte, gehört auch der bekannte Meister der Chemie Lavoisier. Die Lösung einer praktischen Preisaufgabe „Über die großstädtische Straßenbeleuchtung mit Berücksichtigung aller nötigen technischen und ökonomischen Bedingungen" brachte ihm den Zutritt zur Akademie 1768. In einer größeren Abhandlung entwickelte er sehr beachtenswerte Grundsätze des Gefängnisbaues. Die Überfüllung der Lokalitäten, ihre schlechte Luft und Beleuchtung, die Unreinlichkeiten seien unglaublich, sagt Lavoisier, gar nicht zu reden von jenen Kerkern, in denen das Wasser durch die Gewölbe sickere und die Kleider der Gefangenen am Leibe verfaulten und Boden und Pflaster mit faulem Wasser bedeckt seien.

Er verlangt Neubauten, tiefliegende Gefängnisräume seien zu vermeiden, Erholungsplätze für die Gefangenen und Krankenabteilungen zu schaffen.

Er findet, daß bei Neubauten gesundheitliche Aufgaben zu wenig berücksichtigt werden, und gibt nun einen kurzen Abriß der Wohnungshygiene.

„Es ist besser, die Gesundheit der Menschen zu erhalten, als Ausgaben zu haben, um sie gesund zu machen.“

Wenn Menschen dicht in Räumen zusammengedrängt leben, so hängt ihre Gesundheit ab:

1. von der Reinlichkeit,
2. von der Menge von Wasser zum Waschen und Erfrischen, sowie
3. von freier Zirkulation der Luft,
4. von dem allgemeinen Verhalten dieser Personen.

Wasser und Reinlichkeit gehören zusammen. Er verlangt Entwässerung des Hauses, eine Kanalisation, Spülung mit Wasser, die Abfallröhren sollen über Dach geführt, die Enden mit Luftsaugern, die die schlechte Luft nach außen führen, versehen werden.

Das Wasser muß nach seiner Meinung in allen Geschossen durch Zapfhähne zugänglich sein, die Böden der Zimmer, wie der Höfe seien häufig durch die Gefangenen selbst zu reinigen. In einem Gefängnisse sei die Sterblichkeit durch solche Maßregeln auf die Hälfte gesunken. Die Höfe seien gut zu pflastern und die Fugen mit Mörtel oder noch härterem Kitt auszugießen. Er will dadurch die Anhäufung von Ansteckungsstoffen verhüten, die aus dem Speichel und anderen Abfallstoffen sich entwickeln und „traurige Folgen“ bewirken. Diese energische Reinlichkeit in allen Dingen sei um so notwendiger, als 60 Proz. der Gefangenen mit ansteckenden Krankheiten behaftet seien. So notwendig das Wasser, so schädlich ist die Feuchtigkeit im Hause, sagt der Bericht. Ein wesentliches Mittel, die Feuchtigkeit zu beseitigen, ist der Luftumlauf, d. h. die Ventilation.

Er kennt verschiedene billige Mittel diese künstlich zu heben, die Heizung fördert die Luftzirkulation, im Winter will er die aus dem Freien eintretende kalte Luft durch eine Art Röhrenheizung vorwärmen. Wir sehen hier das wesentlichste und bedeutungsvollste Prinzip einer zweckmäßigen Ventilationsanlage gegeben und heute noch begegnet man Einrichtungen, die deshalb unbrauchbar sind, weil sie dieses eben berührtes Prinzip nicht kennen und anwenden.

Höchst interessant sind die Maßregeln gegen ansteckende Krankheiten. Die eingelieferten Kranken sollen erst gebadet, ihre Kleider im Ofen durch Darren behandelt, d. h. der Ansteckungsstoff vernichtet werden, dann erhalten sie Anstaltskleidung. Die Räume sollen alljährlich nach einem von Morveau in Dijon vorgeschlagenen Prinzip desinfiziert werden. Das Mittel war dampfförmige Salzsäure. Kochsalz wurde heiß gemacht und konzentrierte Schwefelsäure darauf gegossen. Auch ehe ein Kerker neu belegt würde, sei er zu desinfizieren.

Recht wichtig ist endlich noch eine Schrift „Abhandlungen über die Natur der luftartigen elastischen Flüssigkeiten, die sich aus einigen gärenden tierischen Substanzen entwickeln“. Ausgangspunkt waren die vielen Todesfälle, die beim Betreten der Kloaken damals vorkamen, und die Plomb genannten Vergiftungserscheinungen.

Praktisch hatte man erfahren, daß gebrannter Kalk, in die Gruben gebracht, diese Gefahr vermindert, auch bediente sich damals Graf d'Arcey dieses Mittels, um infiziertes Wasser trinkbar zu machen. Lavoisier studierte nun experimentell die Veränderungen der Substanzen, die in Kloaken vorkamen. „Alle diese Versuche sind mit der Wage und dem Maßstab gemacht, man kann sie also für genau halten", sagt er von ihnen. „Sie sind nicht willkürlich, wie alle die, wo man sich bloß auf ein Urteil der Sinne verläßt." Er findet in der Tat den Kalk und die Alkalien geeignet, die Fäulnis zu hindern. Doch ließen sich, meint er, die chemischen Mittel für den gedachten Zweck entbehren und recht gut durch eine zweckmäßige Lüftung der Grube ersetzen.

Nach vielen Richtungen war die im 18. Jahrhundert geleistete hygienische Arbeit offenkundig ungleich. Bei Peter Frank und seinen Geistesverwandten liegt das Schwergewicht der Leistung in dem theoretischen Aufbau und der Systematik des neuen Gebietes, in dem Ausblick auf die Bedeutung der Gesundheitslehre für den Einzelnen wie für den Staat, während die Lehren selbst zum großen, wenn nicht zum größten Teil auf reinen Erfahrungsgrundsätzen ruhen, vielfach ohne den Versuch einer Begründung eine mehr doktrinäre Form annehmen, und das Bedürfnis nach experimenteller Erkenntnis und Umfang des Ganzen nach Maß und Zahl nur wenig fühlbar wird. In den Werken eines Rumford und Lavoisier bildet im Gegensatz zu Frank die strenge Methodik, das technische Können, die experimentelle Basis den Kern, dagegen ist das Bewußtsein, an der Begründung einer neuen Disziplin und einer für das Staatswesen wichtigen Organisation mitzuwirken, kaum ausgeprägt.

Zu den weit ausgreifenden Ideen, mit denen Peter Frank divinatorisch der Hygiene ihre Stelle im Staate anwies, stand der wirkliche, rein wissenschaftliche Fonds noch in einem gewissen Mißverhältnisse. Das wissenschaftliche Rückgrat war vielleicht nicht einmal zu schwach, um die Gesundheitslehre als eine besondere Disziplin über Wasser zu halten, aber es fehlte die Arbeit eines Mannes, der das Bestehende zu sammeln und diese Membra disjecta zu vereinigen verstand.

In der staatlichen Organisation fand aber die Hygiene, so nachdrücklich auch Peter Frank auf die Bedeutung der Gesundheitspflege für den Staat hingewiesen, keinen Helfer und keine Stütze.

Die einzige Stütze hätte noch in dieser Zeit der Trieb zur Humanität bilden können. Doch auch dieser erlahmte. Die Lebenskraft der jungen hygienischen Bestrebungen wurde mit der in Paris beginnenden Schreckensherrschaft zu Grabe getragen.

Die napoleonische Zeit war alles eher als geeignet, die Völker menschenfreundlichen Idealen zuzuführen. Die rohe Gewalt, der erbitterte Kampf der um die Existenz ringenden Nationalitäten, die materielle Erschöpfung legten sich als Frühreif auf die geistige Saat. Die damaligen Gedankenrichtungen weckten kein Bedürfnis nach humanitären Dingen; wo der erbitterte Kampf ums Dasein geschlagen wird, da ist keine Zeit, sich mit dem Wohle der Nächsten zu beschäftigen.

In einer Zeit, in der das Blut in Strömen floß, in der Hab und Gut verwüstet wurde, wo Plünderung, Raub und Mord an der Tagesordnung war da blühte nur die Selbstverteidigung und auch die Seuchen, die den Heeren

überall folgten und auf die Zivilbevölkerung übergriffen, fanden keine abwehrenden Kräfte vor.

Zu Ende des 18. Jahrhunderts war die Pest sehr zurückgetreten, wenn auch einzelne große Ausbrüche, wie die Epidemie in der Provence oder jene in Moskau, immer noch Eindruck machten. Gefürchtet war die Diphtherie und daneben die Blattern, die trotz der Inokulationsmethode sich immer weiter ausbreiteten, bis 1796 Jenner mit seiner neuen epochemachenden Erfindung der Impfung mit humanisierter Lymphe das wirksamste Mittel zur Blatternbekämpfung bot.

Die vielfachen Truppenverschiebungen und die Kämpfe Napoleons an der Wende des 18. Jahrhunderts waren eine Ursache der schlechten sanitären Verhältnisse, mit denen man noch immer zu kämpfen hatte.

Fast ein Jahrzehnt hindurch stand Europa unter dem Drucke des Krieges, der weniger durch den Kampf als durch die Seuchen ungezählte Menschen dahinmordete. Die typhösen Seuchen standen bald im Vordergrund des Interesses; Krieg und Hungersnot waren stets die Vorläufer dieser verderblichen Erkrankungen. Der Kriegstyphus hat besonders 1800 und 1812 in ganz Deutschland gewütet. Siegreiche wie besiegte Heere verschleppten die Seuche allerwärts. Die große Armee, welche im Frühjahr 1812 aus ihren Quartieren von Hamburg bis Verona in einer Stärke von 500000 Mann aufbrach, hatte am 18. Oktober nur noch 80000 Mann aufzuweisen, Ruhr, Typhus, Wundkrankheiten dezimierten dieselbe. Am heftigsten wütete der Typhus im Juli 1812 und Jänner 1813. Von 30000 gefangenen Franzosen starben in Wilna 25000! In den nachfolgenden Friedensjahren schwanden Ruhr und Flecktyphus, es trat jetzt der Abdominaltyphus mehr in den Vordergrund und mit dem Jahre 1830 die Cholera.

V.

Die der französischen Revolution folgenden politischen Umwälzungen waren der Entwicklung der Hygiene zunächst nicht förderlich; aber allmählich machten sich die Bedürfnisse einer neuen Zeit doch geltend. Die größere geistige Regsamkeit und Aufklärung, welche sich in den breiteren Schichten der Bevölkerung ausbreitete, machte für neue Eindrücke empfänglich und schuf höhere Lebensansprüche. Die engen Umfassungsmauern der Städte, lange Zeit ein Hemmnis für die Entwickelung gesunder Verhältnisse, fielen, und damit kehrte Sonne, Wärme und frische Luft in die Häuser ein. Freilich brachte manche Umwälzung in den Produktionsverhältnissen wieder neue Schäden. Mit der Entwickelung der Industrien hatte sich ein bedeutender Menschenstrom nach den Städten gezogen. Die Überfüllung der Wohnungen förderte haarsträubende Zustände, die geldgierige Ausbeutung durch schwere langdauernde Fabrikarbeit, die Zulässigkeit der Kinderarbeit, die gesundheitsschädlichen Anlagen der Fabriken selbst führten einen Teil der Bevölkerung dem gesundheitlichen Niedergang entgegen. Die Abgänge der Fabriken drohten durch die Flußverunreinigung die Wasserversorgung mancher Gebiete zur Unmöglichkeit zu machen. All die sanitären Gefahren und Übelstände sind glücklicherweise ein stets erneuter Anstoß zu reger Arbeit nach ebensoviel neuen Richtungen hin geworden, und überall war man bestrebt, den allgemeinen Übeln nach Tunlichkeit zu steuern.

So steht die Zeit des 19. Jahrhunderts unter dem Zeichen des in-

dustriellen Aufschwungs, der Entwicklung des Welthandels und des Weltverkehrs; unter dem Eindruck der fortschreitenden Städtebildung.

Wenn die napoleonische Zeit auch einen scharfen Riß in die angebahnte Entwickelung der Hygiene brachte und sie auf der Bahn, im Staate ihre Rolle zu erfüllen, aufgehalten hat, so sehen wir doch ein allmähliches Fortschreiten vieler für die Hygiene wichtiger naturwissenschaftlicher und medizinischer Forschungen.

An den Namen Lavoisier knüpft sich noch eine ruhmreiche, epochemachende Ära der Naturwissenschaft, die wir hier nicht übergehen können; die Entdeckung der Erkenntnis der Bedeutung der Respiration, nicht so ganz im Grundgedanken, aber doch durch die experimentelle Begründung war sein Werk.

Zu Ende des 18. Jahrhunderts war die Chemie der Gase besonders gefördert, der Sauerstoff und die Zusammensetzung der Luft entdeckt worden. Priestley und Scheele hatten unabhängig voneinander den Sauerstoff dargestellt. Lavoisier erkannte die ungeheure Tragweite des Sauerstoffs für die Lehre von der Verbrennung wie für die Erklärung des Lebensprozesses.

Der Sauerstoff war für den Lebensprozeß die wahre Lebensluft, nicht nur für den Menschen und die höheren Tiere, ganz allgemein übertrug man die Anschauung auf alle Lebewesen. Und als man gar erkannt hatte, daß die grünen Pflanzen Sauerstoff ausatmeten, glaubte man im Sauerstoffgehalt der Luft ein untrügliches Mittel zu haben, um überall im Freien und in den Wohnstätten der Menschen die Güte der Luft zu messen. Dann, als man die Unveränderlichkeit des Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre erkannte, folgte eine Periode der Enttäuschung.

Weit in die ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts zog sich die Erörterung dieser Fragen hin, um später dann durch die Lehre von der Gesundheitsförderlichkeit der ozonhaltigen Luft abgelöst zu werden, der ein nicht viel längeres Dasein beschieden war.

Immerhin brachte diese Entwickelung der Lehre von der Luft den Anstoß zu umfangreichen Experimenten über die Lufterneuerung, auf die wir später einzugehen haben.

Einen wichtigen Einfluß auf die Entwickelung der Hygiene, vor allem jener der Ernährung, übte die Entwickelung der organischen Chemie überhaupt und jene der physiologischen Chemie im besonderen. Mitte der zwanziger Jahre des 19. Jahrhunderts war durch Dumas eine exakte elementaranalytische Bestimmung des Stickstoffs aufgefunden worden, nachdem schon vorher Gay-Lussac, Thénard, Berzelius die Bestimmung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs zu großer Genauigkeit ausgebildet hatten. Von dieser Zeit ab entwickelte sich die Analyse der Körperbestandteile, vor allem aber der Nahrungsmittel und Genußmittel und förderte so das Verständnis der menschlichen Nahrungsquellen und der Ernährung. Bald verfügte man auch über Methoden, welche zur Unterscheidung des Quell-, Brunnen- und Flußwassers wichtige Dienste leisteten.

Es war eine unermüdliche und stille Arbeit, die im Dienste der Gesundheitspflege von den verschiedenartigsten Gelehrten auf verschiedenen Gebieten geleistet wurde. Sie auf die einzelnen Quellen zurückzuführen, mag unterlassen werden; aber die Früchte wurden wenige Jahrzehnte später schon bemerkbar.

Man ging daran, hygienische Grundsätze für den Bau des Hauses weiter

zu vervollkommnen, nachdem man sich schon Ende des 18. Jahrhunderts mit dem gleichen Thema beschäftigt hatte. Nunmehr wollte man die für den Menschen in geschlossenen Räumen notwendige Luftmenge feststellen.

Zu diesem Berufe tagte in Paris unter Péclets Vorsitz eine Kommission, der wir die ersten eingehenden Versuche über die natürliche Ventilation verdanken.

Technische Verbesserungen und Erfindungen speziell auf dem Gebiete der Zentralheizung gehen bis ins 18. Jahrhundert zurück, sie entwickelten sich erst nur empirisch, wurden aber dann eingehend der physikalischen Forschung unterzogen. Wir begegnen anfangs der 40. Jahre des 19. Jahrhunderts dem großen dreibändigen systematischen Werk Péclets über die „Wärme", das jahrzehntelang für die einschlägigen Fragen zur Unterlage diente. Nicht zu vergessen ist auch der technische Aufschwung im 19. Jahrhundert überhaupt, der sich zuerst in England zeigte und die Anlage von Wärmeleitungen, Wasserfiltern, Kanalisationseinrichtungen, Heizungen usw. erleichterte. Ohne die „Gesundheitstechnik", wie man diese Teile der Ingenieurkunst nannte, wäre die Gesundheitspflege selbst nicht vorwärts gekommen.

Die Medizinalstatistik fand in dieser Zeit allmählich breiteren Boden, ihre Ergebnisse zeigten, wie erheblich die Mortalität an vermeidbaren, ansteckenden Krankheiten war. Das wissenschaftliche hygienische Material wurde jährlich größer.

Parent Duchatelet (gest. 1836), dem wir auf dem Gebiete der Gewerbehygiene, der Prostitution, der Kanalisation, manche Förderung verdanken, gründete schon 1829 die Annales l'hygiène publique.

Wenn man wissen will, wie umfangreich sich gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts Gedanken wie experimentelle Arbeit in den Dienst der Hygiene gestellt hatten, so braucht man nur Lévys 1844 erschienenen: Traité d'hygiène publique et privée, das erste umfassende Lehrbuch der Hygiene, in die Hand zu nehmen. Das zweibändige Werk, das in dem ersten Teil die private Hygiene schildert, umfaßt: die Beziehung des Menschen zu der Luft, die atmosphärischen Einflüsse, die Hygiene des Wassers, des Bodens, Klima und Akklimatisation, die Wohnung (allgemeine Beschaffenheit, Luftkubus, Beleuchtung, Heizung), die Nahrung, Bäder, Kleidung, Arbeitsleistung und Sport; der zweite kürzere Abschnitt behandelt die öffentliche Gesundheitspflege, die Rassenhygiene, Mortalität, die Epidemien, die Prophylaxe (allgemeine Desinfektion, Quarantänen, Impfung), Städteanlagen (Bauweise, Kanalisation, Beleuchtung, Friedhofsanlagen, Schulen, Kasernen, Hospitäler, Strafanstalten). Volksernährung, Nahrungsmittelpolizei, Fruchtbarkeit der Bevölkerung, Ehe, Prostitution, Erziehung, Gewerbehygiene.

Das gewaltige Programm, was einst Peter Frank für die Gesundheitspflege aufgestellt hatte, zeigt sich hier, ein Jahrhundert später, bereits in die Form gegossen, welche auch der modernen Gesundheitspflege das Gepräge gibt.

Läßt also bereits das ganze Baugerüste schon den eigentlichen Bau erkennen, so war doch, wie man sich denken kann, die wissenschaftliche Begründung im Konkreten auf vielen Gebieten noch recht unvollkommen. Als historisches Quellenwerk hat Lévys Buch auch heute seinen Wert nicht verloren; eine „Hygiene" als besonderes Fach gab es damals nicht, Lévy hat nur das, was sich aus den Arbeiten seiner Zeitgenossen unter diesem Gesichtswinkel betrachten ließ, mit Klarheit zu einem Ganzen verarbeitet.

Die 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts bedeuten einen wichtigen Wendepunkt in der Geschichte der Hygiene, er knüpft sich an das Eingreifen Max v. Pettenkofers. Pettenkofer erkannte die große Bedeutung der Gesundheitslehre für das Leben der Einzelnen wie für den Staat und dieser Gedanke überzeugte ihn von der Notwendigkeit, daß zur Förderung dieses Wissens andere Wege eingeschlagen werden müßten. Er war der erste, der erkannt hatte, daß die Gesundheitslehre unbedingt einer breiten experimentellen Basis bedurfte, daß ein naturwissenschaftlicher Geist in alle ihre Teile einziehen müsse, daß ihr Gebiet so umfangreich sei, um ihre Abgliederung als besondere Wissenschaft von den übrigen medizinischen Disziplinen zu rechtfertigen. Und neue experimentelle Arbeiten mußten geschaffen werden. Er empfand zuerst die Notwendigkeit, eine Wissenschaft zu gründen, die mit dem ganzen Apparat chemischer und physikalischer Arbeit, der damals zu Gebote stand, die Ursachen der Krankheit aufzusuchen hätte, aber nicht etwa nur gelegentlich, sozusagen im Nebenamte, sondern die Hygiene sollte sich selbständig ihren Aufgaben widmen.

Er sah ein, daß das nur geschehen könne, wenn sie im Rahmen des Universitätsunterrichtes als besonderes Fach gepflegt, und Lehrstühle für Hygieniker mit eigenen Laboratorien eingerichtet würden. Im Jahre 1853 las er zu München das erste experimentelle Kolleg über Hygiene und 1865 wurde auf seine Anregung die erste hygienische Professur in München geschaffen. In den weiteren zwanzig Jahren folgten fast alle übrigen Universitäten mit der Gründung hygienischer Institute. Seine Arbeiten waren außerordentlich umfangreich und erstreckten sich auf alle Teile der privaten und öffentlichen Gesundheitspflege. Chemische, technische und medizinische Vorbildung erlaubte ihm diese Vielseitigkeit des Schaffens. Seine Untersuchungen betreffen die Heizung, Lüftung, die Beleuchtung, die Kleidung, Wasserversorgung, Kanalisation, Selbstreinigung der Flüsse und die Ernährung (gemeinsam mit C. Voit), Fragen des Städtebaues, der Epidemiologie (Cholera, Typhus). Seinem Einfluß ist besonders die städtische Assanierung in Deutschland zu danken und die Förderung der staatlichen Organisation für die öffentliche Gesundheitspflege und der Belebung des Interesses für die letztere überhaupt und die großen Erfolge der Hygiene für die Verminderung der Sterblichkeit, speziell des Typhus abdominalis, in den Städten.

Unbefriedigend für die Hygiene war, daß ein so wichtiger Teil wie die Erkenntnis der menschlichen Infektionskrankheiten zu einer Zeit als die übrigen Teile der Wissenschaft bereits kräftig sich entwickelten, so wenig fortgeschritten war, daß man sich zumeist zur Erklärung der Natur der Infektionserreger mit der Analogie mit den bekannten Mikroben bei Gärungen oder Tierkrankheiten und mit den nicht ganz schlüssigen Betrachtungen statistisch epidemiologischer Forschung behelfen mußte. Erst in den achtziger Jahren gelang es, auch auf diesem Gebiete exakte Unterlagen zu schaffen. Wir werden die Entwicklung dieser Erkenntnis am besten verstehen, wenn wir die Entwicklung der Lehre von den Mikroben überhaupt in großen Zügen zusammenfassen.

Das Studium der Mikroben entwickelte sich nur sehr allmählich. Die Versuche einer Systematik von Fr. Müller (1773), von Bory de Saint Vincent (1834—1830), von Ehrenberg (1838) und Dujardin (1841) mögen nur kurz erwähnt sein.

Einen wesentlichen Anstoß zu neuen Forschungen gab die Entdeckung

Th. Schwanns (1837), daß die Gärung durch Wachstum der Hefezellen hervorgerufen werde. Die Versuche über die Urzeugung der kleinsten Lebewesen wurden wieder aufgenommen und die gegen Spalanzani gemachten Einwände, daß bei seinen Versuchen aus Mangel an Sauerstoff die Bildung von Mikroben ausgeblieben sei, entkräftet.

Die Fälle, in denen nachgewiesen wurde, daß durch Pilze Krankheiten zu erzeugen sind, mehrten sich rasch. Agostino Bassi entdeckte 1837 bei der Muscardine der Seidenraupe einen Pilz als Krankheitserreger, Schönlein (1839) den Erreger des Grindes, Langenbeck, Berg und Gruby (1841 und 1842) den Soorpilz, Eichstedt (1846) den Pilz von Pityriasis versicolor, Gruby (1843) und Malmsten (1845) das Trichophyton tonsurans, Klencke (1843) die Impfbarkeit der Tuberkulose. De Bary, Tulasne (1842) und andere Botaniker entdeckten eine Reihe von Pilzen als Ursache zahlreicher Pflanzenkrankheiten.

Daß diese zahlreichen parasitologischen Ergebnisse den Gedanken an eine analoge Ätiologie bei den Infektionskrankheiten der Menschen nahelegte, hat gewiß nichts Auffälliges. Auch die rein theoretischen Überlegungen Henles (1840) in dem Buche über „pathologische Untersuchungen“, in denen auch die Wege einer experimentellen Forschung auf diesem Gebiete gewiesen wurden, waren für die spätere Bearbeitung dieser Lehren gewiß nicht ohne Einfluß. Ihre unmittelbare Wirkung war aber auf die medizinischen Kreise nicht sehr bedeutend. Selbst die Arbeiten von Semmelweiß (1847), einem Wiener Arzt, der das damals überall herrschende Puerperalfieber als Wundinfektion richtig erkannte und strenge Desinfektion der Hände der Untersuchenden, der Instrumente, des Verbandmaterials forderte und der Aseptik den Einzug in die Spitäler sichern wollte, fielen auf keinen fruchtbaren Boden. Die richtige Wundbehandlung hätte die segensreichsten Folgen haben können, wurden doch überall die Erfolge der Chirurgen durch die hohe Zahl der Todesfälle an Wundinfektionskrankheiten in den Krankenhäusern zunichte gemacht. Semmelweiß brachte auch den Beweis für die Richtigkeit seiner Ideen durch die enorme Verminderung der Mortalität unter den von ihm behandelten Frauen. Es ist ein schwer begreiflicher Irrtum seiner Zeitgenossen gewesen, daß sie diesen weittragenden Gedanken nicht erfaßten und den Mann, der zum Wohltäter der Menschheit werden konnte, mit Hohn und Spott überschütteten.

Sehr bedeutsam auf dem Wege der Erkenntnis der Infektionskrankheiten sind in der Folgezeit die Arbeiten Davaines (geb. 1812, gest. 1882) über den Milzbrand.

Sie erschienen in rascher Folge Ende der 50er und Anfang der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts. Zwar hatte schon Davaine selbst (1849), Pollender (1849) und Fr. Brauell (1855) bei milzbrandkranken Tieren Bakterien gesehen, den Beweis der bakteriellen Natur dieser Krankheit brachte erst Davaine (s. Recherches sur les infusoires du sang dans les maladies etc., Compt. rend. 3, T. V., 149, 1863). Er unterschied die Milzbrandbakterien von den andern Bakterien, kennt ihr Verschwinden nach dem Tod, gibt die Technik der Impfung hinsichtlich der Übertragung auf gesunde Tiere; erklärt die Inkubation, mißt die kleinsten zur Infektion nötigen Mengen, studiert Desinfektionsmittel zum Zwecke der Krankheitsheilung. Studien über milzbrandrefraktäre Tiere, über die Immunität der Föten sind angefügt, ferner solche über putride Infektion und

Beobachtungen über die Steigerung der Virulenz beim Durchgang der Mikroben durch den Tierleib.

In seiner Systematik der Bakterien stellt er letztere zu den Pflanzen, die Spezies sind nach ihm streng untereinander verschieden, wenn auch das Mikroskop nicht immer hinreicht, sie zu trennen. Zur pathogenen Wirkung ist die Entwickelung im Tiere nötig. Davaines Studien über Pflanzenkrankheiten mögen nur kurz erwähnt sein (s. Compt. rend. XIII, p. 344, 1866); aber seine Arbeiten über den Milzbrand bedeuten einen Fortschritt in der Erkenntnis bakterieller Infektionskrankheiten. Seine Ideen sind vielleicht frühzeitig verdunkelt worden durch die epochemachenden Arbeiten Pasteurs.

Pasteur (1822—1895), der Vorbildung nach Chemiker, begann seine ersten uns hier interessierenden Arbeiten mit den Fragen der Gärung. Man wußte zwar, daß mancherlei Gärungen neben der alkoholischen durch die Hefezellen bedingten im praktischen Leben vorkommen, eine vollkommene Einsicht fehlte aber noch ganz. In schneller Folge erschienen verschiedene Publikationen Pasteurs über die Milchsäuregärung (1857), über die Umwandlung der Weinsäure (1858), die Buttersäuregärung (1861), die Essiggärung (1862), über die Weinkrankheiten (1862), (hier gibt er das Verfahren der Erhitzung auf 70° an, das wir heute Pasteurisieren nennen), über die Fäulnis (1863). Einen erbitterten Kampf führte er mit Liebig, um der vitalen Theorie der Hefegärung endgültig zum Siege zu verhelfen.

Entscheidende Versuche zur Wiederlegung der wieder auftauchenden Lehre der Generatio aequivoca standen noch aus, auch diese Lücke wurde von Pasteur Anfang der 60er Jahre glänzend ausgefüllt. Es ist auch bekannt, daß die Pasteurschen Versuche über das Vorkommen von Mikroben auf dem Körper des Menschen und an all den Objekten, mit denen er immerwährend in Berührung tritt, der Ausgangspunkt für die Listersche Wundbehandlung geworden sind.

Die Bedeutung und das Leben der wichtigsten Saprophyten hatte durch Pasteur eine naturwissenschaftliche Erklärung gefunden. Nach dieser Zeit kommt in seinen Arbeiten eine neue Richtung zum Ausdruck, die man etwa als die Periode des Studiums der Bakterien als Krankheitserreger zusammenfassen könnte. Übergehen wir die Studien der Seidenspinnerkrankheit des Jahres 1868, so knüpfte Pasteur zunächst da an, wo Davaines Forschungen über den Milzbrand einen vorläufigen Abschluß gefunden hatten. Wie Davaine machte er Impfungen an Tieren und fand die natürliche Immunität des Huhnes (1878). Das Auffinden der Bakterien der Hühnercholera und ihre Verimpfung auf verschiedene Tiere gab das höchst interessante Resultat, daß ein und derselbe Mikrobe bei verschiedenen Tieren ganz verschiedene Krankheitserscheinungen auslösen kann. Sehr bald bewegte sich Pasteurs Arbeit weniger in der Richtung der Entdeckung bisher unbekannter Infektionserreger, obschon er auch hierin Erfolge aufzuweisen hat, als vielmehr in der Richtung des Studiums der Immunisierung und der Schutzimpfung.

1878 hatte H. Buchner die wichtige Tatsache gefunden, daß die Virulenz der Milzbrandbazillen kein konstantes, sondern ein labiles Spezies-Merkmal ist, und daß man durch bestimmte Einwirkungen auch solche Milzbrandbazillen, die ungiftig sind, erhalten könne. 1880 fand Pasteur das gleiche für die Bazillen der Hühnercholera und wies des weiteren nach, daß durch

Einspritzung solcher geschwächter Keime, die nachtägliche Einspritzung von virulenten wirkungslos bleibt, daß also eine künstliche Immunisierung möglich ist. Dieser Gedanke erwies sich als enorm fruchtbar, er wurde dann später von anderen Forschern unter Anwendung von abgetöteten virulenten Keimen weiter ausgebaut und führte endlich durch die Arbeiten von Behring zur Entdeckung der Heilsera. Neben den Arbeiten über die Immunisierung bei Milzbrand (1880) möge vor allem noch die Entdeckung der Schutzimpfung und Heilimpfung gegen Lyssa, erwähnt sein, die alsbald in vielen Staaten eingeführt wurde.

Fast zu gleicher Zeit, als etwa Pasteur zur Erforschung der tierischen und menschlichen Krankheitserreger überging, begann Robert Koch seine Untersuchungen über den Milzbrand und die Wundinfektionen. Das grundlegende Neue, was Koch der Mikrobenforschung als Frucht seiner ersten Tätigkeit auf diesem Gebiete schenkte, war die Herstellung fester halbweicher Nährböden aus Gelatine oder Agar, eine Methode für die Kultur im großen von unendlicher Anwendbarkeit. Nichts hat so sehr zur Entwicklung der Mikrobenforschung beigetragen als diese fundamentale neue Methodik. Im dritten Bande dieses Handbuchs wird es gewürdigt werden. wie es Koch auch gelang, im Laufe weniger Jahre die Ätiologie der Tuberkulose, der Cholera asiatia aufzuklären, und seiner Methode verdanken wir auch weiter den Nachweis der Keime der Diphtherie, das ganze Studium der Typhusbazillen, der Pest, der Tierseuchen, von der Anwendung seiner Methode auf die hygienischen Aufgaben, den Boden, das Wasser usw. betreffend ganz zu schweigen.

Erst durch die Kochschen Forschungen ist das langersehnte Ziel, die Krankheitserreger der wichtigsten Infektionskrankheiten des Menschen kennen zu lernen, zur Tat geworden. Kein Wunder, daß die großen Erfolge der Bakteriologie, wie man jetzt kurzweg die Mikrobenforschung nannte, den Gedanken nährten, es möchten auch die übrigen noch unerkannten ansteckenden und epidemischen Krankheiten bakterieller Natur sein.

Da zeigte sich ganz unerwartet, daß die Krankheitserreger auch auf anderm biologischen Gebiet gesucht werden müssen.

Im Jahre 1880 lenkte Laveran die allgemeine Aufmerksamkeit auf Parasiten des Blutes bei Malaria, welche nicht Bakterien sind, sondern zu den Protozoen gehören. Seitdem hat die Forschung über die Malariaparasiten und ähnliche Blutparasiten einen außerordentlichen Umfang angenommen und gezeigt, daß wir unter den Protozoen eine ganze Fülle von Krankheitserregern zu suchen haben. Diese Krankheitserreger haben vielfach das Gemeinsame, daß sie einen Wirtswechsel durchmachen müssen. Als Mittel für die sexuelle Fortpflanzung dieser Organismen dienen zumeist Stechmücken. Mac-Callum, Roß, Grassi haben diesen sexuellen Entwicklungsprozeß der Parasiten in der Stechmücke zuerst völlig aufgeklärt.

Auch heute fehlt uns noch die Kenntnis von den Parasiten mancher wichtiger Krankheiten, niemand aber wird zweifeln, daß es über kurz oder lang der Wissenschaft gelingen muß, auch diese Lücken zu schließen.

Die Lehre vom Kraft- und Stoffwechsel und von der Ernährung.

Von

M. Rubner in Berlin.

I. Abschnitt.

Allgemeine Ernährungslehre.

Einleitung.

Die fundamentale Bedeutung der Ernährung für die Lebenserhaltung aller Lebewesen ist natürlich zu keiner Zeit den Menschen verborgen gewesen; aber das Verständnis des Umfanges, in welchem die Ernährung sich an den Funktionen des Körpers beteiligt, und welchen Eigenschaften der Nahrung diese Wirkungen auf das Leben zu verdanken sind, hat sich erst ziemlich spät herausgebildet, rühren doch die grundlegenden analytischen Methoden der Chemie in ihrer Anwendung auf die organischen Verbindungen erst aus den 20er Jahren des vorigen Jahrhunderts, die Erkenntnis über die Zusammensetzung des Körpers und der Nahrungsmittel aus den nachfolgenden Jahrzehnten her. Eingehende Theorien über den Ernährungsvorgang sind namentlich der Liebigschen Schule zu danken. Die physiologische Prüfung der Theorien wurde dann durch die Arbeit der 60er und 70er Jahre, vor allem durch die Arbeiten v. Pettenkofer und Voit vorgenommen und die Grundlagen einer praktischen Ernährungslehre geschaffen; seit den 80er Jahren hat die energetische Seite der Ernährungsvorgänge die Entwicklung der Ernährungslehre weiterhin ausgebaut und gefördert.

Die Ernährungslehre zeigt uns, daß keinerlei Funktion lebender Organismen ohne die Aufnahme und Umwandlung von Stoffen vor sich geht, und daß stets Produkte dieser Umwandlung nach außen gehen. Die einen werden als Nahrung, die andern als Sekrete (Milch usw.) oder als Abfallstoffe, Ausscheidungsprodukte, Exkrete bezeichnet. Während der Jugendperiode der meisten Organismen ist die Aufnahme der Stoffe in der Oberhand, die Exkrete sind geringer, der Körper nimmt an Masse zu, er wächst. Zu anderen Zeiten ist trotz Nahrungsaufnahme und Exkretbildung die Körpermasse eine gleichbleibende, das sind die Zeiten, in denen man vom Stoffwechsel (oder: Kraftwechsel) im engeren Sinne reden kann. Krankheiten und sonstige Gesundheitsstörungen drücken sich auch in den Ernährungsverhältnissen durch Verfall der Körpergewichte aus. Die Prozesse des Wachstums sind so prinzipiell von dem der Gleichgewichtsernährung verschieden, daß sie getrennt behandelt werden müssen; die einen bestehen in Vorgängen der Assimilation, die letzteren haben die Kennzeichen der Dissimilation.

Derselbe Mensch kann verschiedene Körpergewichte besitzen, wir sagen, er habe einen wechselnden Ernährungszustand. Übermäßige Fettablagerung nennen wir Fettsucht, man spricht weiter von gutem, mittlerem, schlechtem Ernährungszustand, der sich auch in der Hautfarbe, dem Blutreichtum ausspricht.

In hygienischer Hinsicht spielt die Frage der Ernährung eine große Rolle, nicht nur im Hinblick auf die Aufgabe der öffentlichen Nahrungsversorgung, sondern auch im Hinblick auf die Leistungsgrenze der Menschen bei verschiedenem Ernährungszustand, und im Hinblick auf die Resistenz gegen Infektionen, und die Resistenz gegen die Schädigungen der Krankheiten selbst.

Die Bestandteile unserer Nahrungsstoffe in chemischer und physiologischer Hinsicht.

Die Ernährung vollzieht sich durch die in der Natur vorkommenden Bestandteile der Tier- und Pflanzenwelt und den aus ihnen hergestellten Produkten. Meist nimmt man diese natürlichen Gemische auf, sie sind in der Regel aus mehreren Grundkomponenten, die wir Nahrungsstoffe heißen, zusammengesetzt, enthalten aber neben diesen noch sogenannte Genußmittel. Als Nahrungsstoffe bezeichnen wir chemische Verbindungen, also einheitliche Substanzen, welche entweder zum Aufbau des Organismus dienen, oder in ihm abgelagert werden können, oder wenigstens den Verlust eines dem Körper notwendigen Stoffes aufheben können. Genußmittel sind solche Körper, welche, ohne Nahrungsstoffqualitäten zu besitzen, appetiterregende Wirkungen haben.

Die Nahrungsstoffe teilt man ein in organische und anorganische Stoffe; die organischen wieder in N-haltige Stoffe und N-freie. Als Repräsentanten der ersteren gelten die Eiweißstoffe, zur Gruppe der N-freien gehören die Fette einerseits, die Kohlenhydrate andrerseits.

Vom Standpunkt der Ernährungslehre wäre es sehr wichtig, die in den Nahrungsmitteln enthaltenen Nährstoffe möglichst genau zu kennen. Dies erlaubt aber der heutige Stand der Nahrungsmittelchemie noch nicht.

Die organischen Nährstoffe, wie sie eben benannt wurden, sind vielmehr Gruppenbezeichnungen,

1. Als Eiweißstoffe, vom Standpunkt der Ernährungslehre, wird die Gruppe dieser Körper zurzeit noch nicht nach den einzelnen Verbindungen gesondert betrachtet, wir sprechen von dem Eiweißgehalt der Milch, z. B. ohne Laktalbumin und Kasein zu scheiden, vom Fleischeiweiß, ohne Muskelalbumin, Myosin usw., zu trennen, von den Eiweißstoffen des Weizens, ohne das Pflanzenalbumin und die Gruppe der Klebereiweißstoffe getrennt zu betrachten. Aus Mangel an genauen Methoden zur Bestimmung der Eiweißstoffe sind wir sogar genötigt, auf ihre quantitative Bestimmung, insoweit es sich um eine direkte Darstellung handelt, ganz zu verzichten; als Aushilfe benutzt man die Bestimmung des N-Gehaltes der Nahrungsmittel, und berechnet daraus mit der Annahme eines mittleren N-Gehaltes durch Multiplikation mit 6,25 die sogenannte N-Substanz.

Dieses Verfahren ist zweifellos nicht ganz einwandfrei.

In 100 Teilen Trockensubstanz enthalten Eiweißstoffe verschiedener Herkunft:

Kohlenstoff	50—55,
Wasserstoff	6,8—7,3.
Stickstoff	15,4—18,3,
Sauerstoff	22,8—24,1,
Schwefel	0,4—5,0.

Daneben manche noch Phosphor und Eisen.

Dem Faktor 6,25 entspricht ein N-Gehalt von 16 Proz. N, während tatsächlich viele Eiweißstoffe weniger, andere weit mehr davon enthalten. Außerdem findet man in allen tierischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln neben dem Eiweiß noch N-haltige Stoffe, die Abbauprodukte des ersteren darstellen.

Im Fleisch sind die Extraktivstoffe enthalten, welche bis 12 Proz. des Gesamt-N ausmachen, in der Muttermilch 12—16 Proz., in der Kuhmilch 5 Proz., im Brot 28 Proz., in Kartoffeln bis 50 Proz.

Trotzdem sind wir genötigt, mit dem Begriff N-Substanz zu operieren, werden aber in geeigneten Fällen auf die eben berührten Tatsachen zurückkommen. Auf die aus Eiweißstoffen durch Verdauung entstehende Produkte wie Albumosen und Peptone, ferner auf den Knochen- und Knorpelleim werden wir später eingehen.

Komplizierter ist der Aufbau der eigentlichen Eiweißstoffe und der ihnen nahestehenden Verbindungen.

Als quantitatives Beispiel der Aufspaltung solcher Körper mag folgende Zusammenstellung gegeben sein. 100 Teile enthalten:

	Leim	Serumalbumin	Eieralbumin
Glykokoll	16,5	0	0
Alanin	0,8	2,7	2,1
Leuzin	2,1	20,0	6,1
α-Prolin	5,2	1,0	2,2
Phenylalanin	0,4	3,1	4,4
Glutaminsäure	0,9	7,7	8,0
Asparaginsäure	0,6	3,1	1,5
Cystin	—	2,3	0,2
Serin	0,4	0,6	—
Tyrosin	0	0,1	1,1
Tryptophan	0	Spur	Spur

Die Methoden der Darstellung dieser Körper verdanken wir E. Fischer. Es ist bis jetzt nicht geglückt, das Eiweißmolekül vollkommen in bekannte Produkte abzubauen. Doch genügen die vorhandenen Erfahrungen, um uns den differenten Aufbau der Eiweißstoffe und der Leimstoffe zu zeigen.

Ähnlich zerlegt werden die Eiweißstoffe bei der Pepsin- und Trypsinverdauung oder der Verdauung durch Erepsin, auch bei der Fäulnis. Im letzten Falle dienen einzelne Spaltprodukte den Bakterien als Nahrung, andere bleiben, bei dem Zusammenbruch des Eiweißmoleküls, als unverwendbare Masse zurück.

Die Eiweißstoffe sind teils wasserlöslich, teils wasserunlöslich, oder in Kochsalz löslich, zumeist kommen sie im koagulierten Zustande in der Speise vor. Sie erleiden beim Koagulieren nicht nur physikalische, sondern auch chemische Veränderungen (s. später).

Bei künstlicher Spaltung zerfallen die Eiweißstoffe (des Protoplasmas) in Aminomonokarbonsäuren der Fettreihe, die teilweise mit einem aromatischen Komplex (im Phenylalanin, Tyrosin) oder mit dem Indolring (im Tryptophan) oder mit einem heterozyklischen Ring (im Histidin) verbunden sind, ferner in Aminodikarbonsäuren, in Diaminosäuren (Arginin, Lysin), in Oxyaminosäuren*), sowie in Zystin, Prolin, Oxyprolin und Ammoniak. Die in

*) Im Rückstand der Esterdestillation stecken noch viele Oxysäuren, die nicht isoliert werden konnten.

den Kernen der Zellen sich findenden Nukleoproteide in Nukleinsäure und Eiweiß oder Protamine (wie Salmin, Clupein, Skombrin, Sturin) oder Histone. In den Spermatozoen besteht über $^9/_{10}$ aus dieser wohlbekannten Verbindung der Nukleinsäure. Die letztere läßt sich in Phosphorsäure, Nukleinbasen und Zucker spalten, und zwar so, daß man sie als eine Tetraphosphorsäure betrachten kann, die, jedem Phosphoratom entsprechend, ein N-haltiges Spaltprodukt (z. B. Guanin, Adenin, Cytosin, Thymin) und eine Kohlehydratgruppe führt.

Unter den N-freien Stoffen nehmen die Fette eine wichtige Stellung ein, sie sind, soweit das eigentliche Tierfett in Betracht kommt, Mischungen von Tripalmitin $C_3H_5(C_{16}H_{31}O_2)_3$, Tristearin $C_5H_3(C_{18}H_{35}O_2)_3$ und Triolein $C_3H_5(C_{18}H_{33}O_2)_3$; im Fette der Milch kommen auch Tryglyzeride niederer Fettsäuren vor, wie Tributyrin, Trikaproin, Trikaprinin, Trikaprylin.

Als Fett wird kurzweg in den Nahrungsmittelanalysen der Ätherextrakt der Substanzen bezeichnet, er ist aber nicht identisch mit obigen genannten Neutralfetten, sondern enthält neben diesen noch in kleinen Mengen andere Körper, z. B. Lezithin, eine Glyzerinphosphorsäure, worin die zwei freien Alkoholgruppen des Glyzerins durch Öl-, Stearin- oder Palmitinsäure verestert sind, während eine freie Valenz der Phosphorsäure mit der Alkoholgruppe vom Cholin unter Wasserverlust zusammengetreten ist. Auf 1 Atom N trifft 1 Atom Phosphor; Lezithin kommt auch als Spaltprodukt der Gehirnbestandteile, z. B. des Protagons, vor. Außerdem findet sich als unverseifbarer Bestandteil des Ätherextraktes im Tierfett Cholesterin $C_{26}H_{44}O$ und andere weniger bekannte Körper. Zellbestandteile, welche durch Äther und ähnliche Mittel extrahiert werden können, nennt man neuerdings auch Lipoide.

Die Pflanzenfette sind vielfach von einer abweichenden Beschaffenheit und enthalten unter anderem auch wachs- und harzartige Materien. Im Erdnußöl findet sich Arachinsäure, Lignocerinsäure, Hypogäasäure, im Lein- und Mohnöl die Leinölsäure, Linolensäure, im Rüböl die Erukasäure.

Das Cholesterin ist in den Pflanzenfetten durch Phytosterin vertreten (auch Phasol und Lupol kommen vor), außerdem finden sich noch verschiedene unverseifbare Substanzen unbekannter Konstitution. Fette und die hochatomigen Fettsäuren sind im Wasser unlöslich, die elementare Zusammensetzung der Neutralfette ist für Tierfette:

100 Teile enthalten:

Kohlenstoff	76,4,
Wasserstoff	11,9,
Sauerstoff	11,6.

Das Fettgewebe enthält in 100 Teilen:

	Wasser	Membran	Reinfett
Ochse	9,96	1,2	88,0
Hammel	10,48	1,6	87,9
Schwein	6,44	1,3	92,3

Der Glyzeringehalt beträgt 8—9 %.

Der Schmelzpunkt liegt meist über der Körpertemperatur des Menschen.

	schmilzt bei
Fett vom Hammel	41—52°
„ „ Ochsen	41—50°
„ „ Schwein	42—48°

Fett vom Menschen . . . . 41°
„ der Milch . . . . 37°
„ vom Hasen . . . . 26°
„ von der Gans . . . . 24—26°

Der Erstarrungspunkt liegt weit tiefer, Milchfett kann bei 8—10° noch flüssig sein.

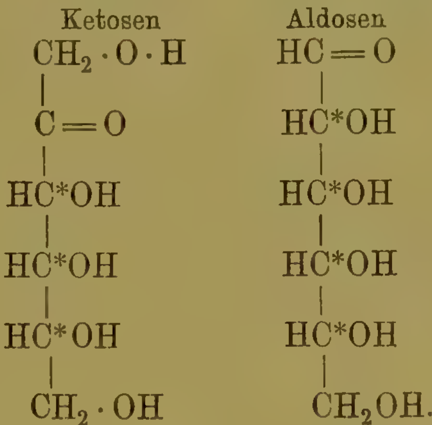
Die Fette werden bei einer Erhitzung auf 250° zersetzt; an sich sind sie geschmacklos, insoweit sie einen spezifischen Geschmack zu haben scheinen, ist derselbe auf Beimengung kleiner Mengen fremder Stoffe zurückzuführen. Die Fettsäuren dagegen haben ausgeprägte Geschmacks- und Geruchseigentümlichkeiten, besonders ausgeprägt die Fettsäuren mit geringer Kohlenstoffzahl, die ja auch bei gewöhnlicher Temperatur flüchtig sind (z. B. Buttersäure und dergl.). Die Spaltung der Fette durch Fermente (Lipasen) ist ein in der Natur und im Organismus häufiger Vorgang.

Die Kohlehydrate machen den größten Teil der Kost der meisten Menschen aus. Unter den in den Handbüchern der Nahrungsmittelchemie aufgeführten „stickstofffreien Extraktivstoffen“ versteht man diejenigen Verbindungen, welche außer Wasser, Eiweiß, Fett, Rohfaser und Mineralstoffen meist als Defizit dieser Stoffe gefunden werden, wenn man ihre Analysenwerte von 100 abzieht. Im allgemeinen begreift diese Gruppe die leichter löslichen Kohlehydrate, aber auch Pektin-, Bitter- und Farbstoffe, andererseits häufen sich auf diese Gruppe alle Fehler der Analysen.

Zu den Kohlehydraten gehören:

a) die Monosacharate ($C_6H_{12}O_6$) von Dextrose, Lävulose (Fruktose), Galaktose, Mannose.

Der Fruchtzucker ist eine Ketose, die übrigen Zucker sind Aldosen.



Die Ketosen enthalten 3, die Aldosen 4 asymmetrische Kohlenstoffatome (*). Die Drehung der Polarisationsebene ist sehr verschieden. Die sechsatomigen Zucker treten in manchen Fällen zu Disacharaten zusammen.

Rohrzucker besteht aus 1 Mol. Dextrose und 1 Mol. Fruktose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), Milchzucker aus 1 Mol. Dextrose und 1 Mol. Galaktose, Maltose aus 2 Mol. Dextrose. Dabei tritt 1 Mol. Wasser aus. Die Disacharate gehen durch geeignete Fermente leicht in die entsprechenden Monosacharate über.

Ein Trisacharat ist die Raffinose der Zuckerrüben ($C_{18}H_{32}O_{16} + 5H_2O$). sie spaltet sich in je 1 Mol. Dextrose, Fruktose und Galaktose.

Die Gruppen der Polysacharate bestehen aus der Vereinigung einer großen Zahl einfacher Zuckermoleküle. Der Hauptrepräsentant ist die pflanz-

liche Stärke $n \cdot C_6H_{10}O_5$, n ist die unbekannte Zahl der einzelnen einfachen Komponenten.

Ferner gehören hierher die Dextrine, das tierische Glykogen, Inulin usw. Die Stärke wird leicht durch diastatische Fermente in Dextrin und Maltose gespalten, durch Säuren in Traubenzucker übergeführt, Glykogen liefert nur Traubenzucker als Spaltprodukte, Inulin dagegen nur Fruktose.

Stärke, Glykogen sind im Wasser unlöslich, aber leicht in der Hitze zu verkleistern.

Eine weitere nicht mit Wasser zu verändernde Gruppe der Polysacharate sind die Hemizellulosen (in den Kernen der Datteln), die mit Säuren mäßiger Konzentration in Hexosen und andere einfache Zucker überzuführen sind und die echten Zellulosen, die nur mehr mit sehr starker Schwefelsäure Hexosen liefern.

Die Holzfaser enthält in der Natur noch eine Reihe sogenannter Ligninkörper eingelagert.

Neben Stärke und Zellulose kommen z. B. in den Gemüsen Verbindungen vor, die sich von einem fünfatomigen Zucker ableiten und Pentosane genannt werden. Sie können Pentosen wie Arabinose, Xylose, Ribose, Lyxose liefern. Auch im Tierkörper kommen Pentosen in kleinen Mengen vor, z. B. in gewissen Nukleinsäuren gebunden. Die bis jetzt dargestellten Pentosen sind Aldopentosen, eine Aldomethylpentose ist der Isodulcit oder die Rhamnose, aus Glykosiden der Pflanzen abspaltbar.

Die Pentosen geben beim Kochen mit Salzsäure Furfurol, sie sind nicht vergärbar durch Hefe, die Hexosen vergären und geben beim Kochen mit Salz- oder Schwefelsäure Lävulinsäure. Die Pflanzenschleime, z. B. jene der Salep- und Althäawurzel, sind ähnlich den Hemizellulosen chemisch indifferent und geben beim Kochen mit Säuren Hexosen und Pentosen. Die gallertartigen Säfte (Möhren, Rüben usw.) enthalten Pektinstoffe, wahrscheinlich Salze von Säuren, die bei Hydrolyse in Zucker und Säuren zerfallen. Ähnlich die Gummiarten. Gummiarabikum liefert neben Säuren Arabinose (Pentose) und Galaktose.

Zu den organischen Nahrungsstoffen gehören noch verschiedene Pflanzensäuren, wie sie in Früchten und anderen Vegetabilien vorkommen, ferner Glyzerin, als Spaltprodukt der Fette, und der Äthylalkohol.

Als anorganische Nahrungsstoffe bezeichnen wir das Wasser und die in allen Nahrungs- und Genußmitteln enthaltenen Aschebestandteile. Die letzten treten keineswegs immer als solche in den Körper ein, sondern wir erhalten bei dem Veraschen der Nahrungs- und Genußmittel die nichtflüchtigen Elemente in völlig anderer Anordnung, als sie ursprünglich in den frischen Substanzen enthalten waren. Wir erhalten z. B. den Schwefel und Phosphor der Eiweißstoffe als Schwefel- und Phosphorsäure, ebenso z. B. aus Blut freies Eisen, das an Hämoglobin gebunden war, Kalk und Magnesia, auch andere Basen sind sicherlich zum Teil an organische Stoffe wie Eiweiß gebunden usw. Daraus folgt, daß unsere Kenntnisse von den wirklich präformierten Salzen sehr unvollkommene sind.

Die sogenannten Extraktivstoffe der tierischen Nahrungsmittel sind nur zum Teil untersucht. Im Fleischextrakt sind Kreatin, Kreatinin, Sarkin, Xanthin, Inosinsäure, Karnin, Karnosin usw. Die Extraktivstoffe anderer tierischer Nahrungsmittel sind noch weniger bekannt.

In Pflanzen kommen mehr oder minder reichlich verschiedene Amino-

säuren neben Eiweiß vor, zum großen Teil als für den Transport bestimmte Produkte. Glutamin und Asparagin können in ganz erheblicher Menge vorhanden sein, auch Leuzin, Tyrosin kommt vor (s. o. S. 45). Sie sind wohl kaum allgemein als Extraktivstoffe vom Standpunkt der Geschmackswirkungen zu betrachten; nur bei manchen Pilzen mag eine solche Beziehung festzustellen sein.

Bei den Pflanzen spielen aber noch ätherische Öle, besonders riechende und schmeckende Stoffe, die bis jetzt noch nicht näher erforscht sind, als Genußmittelwerte eine große Rolle.

Recht häufig handelt es sich gar nicht um die eigentlichen primär vorhandenen Stoffe, sondern um Umsetzungsprodukte, die erst beim Erwärmen auftreten, wie z. B. bei dem Fleisch und den fleischigen Teilen des Körpers, ähnlich bei Röstprodukten kohlehydrathaltiger Nahrungsmittel (Brotkrusten und ähnliches).

Bei einer ganzen Reihe von Stoffen, welche in unseren Speisen eingeführt werden, handelt es sich um Körper, die offenbar mit der Ernährung und Verdauung an sich so gut wie nichts zu tun haben, die aber auf das Nervensystem und Muskelsystem spezifisch wirken, es sind das Pflanzenextrakte, wie Kaffee, Tee, Kakao und ähnliche Produkte; auch die alkoholischen Getränke gehören in gewissem Sinne hierher. Man kann sie in eine besondere Gruppe der Erfrischungsmittel zusammenfassen, obschon damit ihre Funktion nicht immer in vollem Umfange definiert wird.

Die Zusammensetzung des Körpers.

Der menschliche Organismus enthält im wesentlichen dieselben Stoffgruppen, wie sie eben als Bestandteile der Nahrung angegeben wurden. Eiweißstoffe, Fette, daneben zurücktretend das Glykogen, ferner in allen Organen Extraktivstoffe verschiedener Art und Salze. Am eigentlichen Zellaufbau sind die Eiweißstoffe (Protoplasma und Kernstoffe) beteiligt. Den wahren chemischen Aufbau der Lebenssubstanz kennen wir nicht. Die Analysen beziehen sich ja nur auf das tote Substrat. Daneben haben wir verschiedenes lebloses Stützmaterial (elastisches Gewebe und Bindegewebe), teils zur Zellumhüllung oder zum Zellverband, zur Befestigung der Organe dienend (Bänder), so wie zur Übertragung von Bewegung (Sehnen) und als Gefäßwand usw.

Die anorganische Substanz hat, insoweit sie nicht in den eigentlichen Molekularverband der lebende Substanz und der Gerüstsubstanz getreten ist, in Knochen und Zähnen als Erhärtungsmaterial zu dienen. Als eine weitere Gliederung sind noch die Säfte (Blut, Lymphe in präformierten Kanälen und Spaltlücken) zu nennen.

Die lebende Substanz befindet sich in kolloidaler Form. Dieser gleichartige Quellungszustand zeigt sich besonders klar, wenn man z. B. für das Muskelsystem die Verteilung zwischen Eiweiß und Wasser, unter rechnerischer Eliminierung von Fetten angibt: 100 Teile frischer fettfreier Substanz enthalten

beim Rind	21—22	Teile Trockensubstanz,
„ Schwein . . .	21—23	„ „
„ Hammel . . .	21	„ „
„ Kalb	20—21	„ „

beim Pferd	23—25 Teile Trockensubstanz,	
„ Hummer	21	„ „
bei Mondschnecke	22	„ „
„ Meermuschel	22	„ „

Nur in Ausnahmefällen verschiebt sich dies Verhältnis in mäßigem Grade. Beim Ausgewachsenen bleibt unter den verschiedensten Ernährungszuständen im allgemeinen die Zahl der Organzellen konstant, nur die Fülle des Inhalts ändert sich.

Fett und Glykogen sind Reservestoffe, ersteres ist größtenteils in bestimmten Depots abgelagert, letzteres liegt in fast allen Zellen, hat aber zwei besondere Prädilektionsstellen (die Leber und Muskulatur). Das Gewicht des menschlichen Körpers ist für den Mann

Neugeboren	3,25 kg	14 Jahre alt	37 kg
1 Jahr alt	9 „	15 „ „	41 „
6 Jahre „	18 „	16 „ „	45 „
10 „ „	25 „	18 „ „	54 „
12 „ „	29 „	20 „ „	60 „
13 „ „	33 „	25 „ „	66 „

Die einzelnen Organe sind in der Entwicklung verschieden an dem Aufbau beteiligt:

	beim Mann	bei der Frau	beim Neugeborenen
Skelett	15,9 Proz.	15,1 Proz.	15,7 Proz.
Muskel	41,8 „	35,8 „	23,5 „
Fettgewebe	18,2 „	28,2 „	13,5 „
Drüsen u. Rest	24,1 „	24,1 „	47,3 „

Beim Erwachsenen macht die Blutmenge 7,7% des Körpergewichts aus.

Nach E. Bischoff ist die Zusammensetzung des Erwachsenen nach den Hauptgruppen der chemischen Bestandteile geordnet folgende:

Wasser	59 Proz.	Fett	21 Proz.
Eiweiß	9 „	Asche	5 „
Leimgeb. Gewebe	6 „		

Da dieser Fettgehalt sehr bedeutend ist und die Hälfte des Fettgehaltes obiger Werte noch einem gut genährten Körper entspricht, mögen die Zahlen auf 10,5 Proz. Fettgehalt umgerechnet werden, dann hat man:

Wasser	65,9 Proz.	Eiweiß und Leim	16,8 Proz. (+ Extraktivstoffe)
Fett	10,5 „	Asche	5,6 „

Im Gegensatz dazu möge noch die Zusammensetzung des Neugeborenen von gleichem Fettgehalt angefügt werden.

Zusammensetzung des Neugeborenen im Mittel nach W. Camerer (Z. f. Biol. XL, S. 532):

Wasser	73,4 Proz.	Asche	2,7 Proz.
Trockens.	26,6 „	Eiweiß und Leim	11,7 „
Fett	10,5 „	Extraktivstoffe	1,5 „

Der Erwachsene enthält nach diesem Vergleiche also weniger Wasser, dafür mehr Asche und eiweißartige Bestandteile. Weitere Analysen Erwachsener sind aber erwünscht.

Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff machen 95,6 Proz. des ganzen Körpers aus, die übrigen Elemente nur 4,4 Proz., nämlich: Chlor,

Fluor, Schwefel, Phosphor, Silizium, Natrium, Kalium, Mangan, Kalzium, Magnesium, Eisen.

Die resorbierten Nahrungsstoffe sind natürlich auch zeitweise im Blut- und Lymphstrome zu finden, ihre Menge ändert aber die quantitative Zusammensetzung genannter Flüssigkeiten nur in mäßigen Grenzen, ähnlich verhält es sich für die Stoffe des Abbaues, die ja von den Entstehungsorten nach dem Harn oder dem Darme wandern.

Der Aufbau des Körpers des Menschen wird in der Zeit der Jugend bewirkt. Veränderungen der Zusammensetzung des ausgewachsenen Organismus beziehen sich nur auf die Variationen des Ernährungszustandes, Fettreichtum, Fettarmut, Muskelreichtum, Muskelarmut. Charakteristische Veränderungen kommen dann erst im hohen Alter vor: der Schwund des Fettes, die Altersabmagerung, Veränderung der Knochen bis zur Knochenbrüchigkeit, senile Atrophien anderer Art. Vorübergehende Zustände sind beim Weib die Milchsekretion und die Schwangerschaftserscheinungen.

Die Wirkungen der organischen Nährstoffe.

a) Der Stoffwechsel.

Die Nahrungsstoffe müssen dem Organismus zugeführt werden, um das Leben zu erhalten; sie werden dabei zum Teil in die Endprodukte durch Oxydation aufgelöst, wie Fette und Kohlehydrate, oder nur teilweise gespalten wie die stickstoffhaltigen, welche verschiedene höher zusammengesetzte Stoffe für Harnbildung und Kot abgeben. Der gesamte Stickstoff des Eiweißes der Nahrung erscheint mit Bestimmtheit in den festen und flüssigen Ausgängen wieder, Stickstoff in der Form von Gas wird sicherlich nicht zur Ausscheidung gebracht.

Die Stoffwechsellehre beschäftigt sich damit, die Wirkungen der einzelnen Nahrungsstoffe auf den Organismus zu studieren.

Da die Nahrungsversorgung sich in täglichen Perioden wiederholt, so nimmt man als die praktisch verwertbare Zeiteinheit den Tageswert, d. h. die Vorgänge von 24 Stunden. Dies ist auch um deswillen notwendig, weil die Umsetzungsvorgänge der Nahrung im Körper und die Ausscheidung der Stoffwechselprodukte beim Menschen nach seinen Lebensgewohnheiten in dieser Zeit anzunehmen ist.

Durch die weiter unten zu behandelnde Methode der Stoffwechseluntersuchung ist es möglich, die Arten und Mengen der umgesetzten Stoffe im Körper in Erfahrung zu bringen.

Die eingeführten Stoffe werden unter Umständen alle zerstört, und völlig in den Ausscheidungen ohne Mehrung oder Minderung wiedergefunden, dann spricht man von einem Gleichgewicht des Stoffwechsels. Manchmal genügen die eingeführten Stoffe nicht, und der Organismus gibt von selbst Körper seines Bestandes für den Stoffwechsel ab, dann hat man es mit partieller Inanition zu tun, bei völliger Nahrungsentziehung deckt der Organismus seine Bedürfnisse ganz mit Körperstoffen (völlige Inanition). Endlich kann ein Teil der Nahrung im Körper abgelagert werden, man hat es dann mit Wachstum zu tun, falls die Bildung neuer Zellen eintritt, oder mit dem Ansatz, falls nur der Ernährungszustand der Zellen verbessert wird. Es können stickstoffhaltige Stoffe zurückbleiben, oder Fette, welche in den Zellen im allgemeinen oder in bestimmte Depots (Fettgewebe) abgelagert werden,

oder Kohlehydrate in der Form von Glykogen oder nach einer bestimmten Transformation als Fett.

Wird Stickstoff zurückbehalten und lebende Substanz aufgebaut, so muß allemal auch Wasser und Asche mit zum Aufbau gelangen. Gewichtsveränderungen sind also bei Variation des Stickstoffbestandes (Aufbau oder Abbau) leicht nachzuweisen.

Die Vorgänge des stofflichen Umsatzes im Körper werden durch besondere Eigenschaften der Zellen bedingt, nach Gesetzen, welche die Stoffwechsellehre festzustellen hat; sie hängen also nicht von der in unser Belieben gestellten Aufnahme variabler Nahrungsgemische ab.

Auch für bestimmte Funktionen sind bestimmte Nahrungsstoffe notwendig und die Wahl der Nahrung hat sich diesem Bedürfnis anzupassen. Die stickstoffhaltigen Stoffe haben andere Aufgaben zu erfüllen wie die stickstofffreien. Die Ernährungslehre befaßt sich nur mit dem Stoffumsatz im ganzen, der Zufuhr und der Ausfuhr der Produkte, die intermediären Vorgänge gehören nicht in das Gebiet der Ernährungslehre.

b) Der Energieverbrauch (Kraftwechsel).

Die Nahrungsstoffe unterliegen im Körper entweder einer vollkommenen Oxydation, wie dies bei den Fetten und Kohlehydraten der Fall ist, oder einer partiellen, wie bei den N-haltigen Stoffen; diese können eine komplizierte Gruppe, eben die N-haltige, nicht ganz in die letzten Endprodukte durch Oxydation auflösen, sie bilden vielmehr daraus Harnstoff, Harnsäure u. a. und die Kotstoffe.

Die Oxydation ist ein Vorgang, bei der die als Nahrungsstoffe dienenden Körper die maximalste Wärmebildung geben, deren sie fähig sind. Aus dieser Quelle der Oxydation fließen bei den meisten Tieren und den Menschen die Kräfte, welche beim Lebensprozeß notwendig sind. Wärmeerzeugung, Bewegungen in den Gefäßen, den Zellen, Bildung von Elektrizität, Arbeitsleistung, alle Formen der Kräfte fließen aus der Quelle der Spannkräfte der organischen Nahrungsstoffe. Außer ihnen gibt es keine nachweisbaren Kräfteleistungen des Organismus. Den Beweis dafür haben die vom Verfasser (1891) zuerst angestellten Experimente am Hunde erbracht, in denen sowohl der Umsatz der Nahrungsstoffe und deren Energieinhalt, als die vom Tiere abgegebene Energie (Wärme, Wasserverdampfung) genau bestimmt wurde.

Nahrung	Zahl der Tage	Summe der Energie in der Nahrung	Summe der Energie der Ausgabe direkt gemessen	Prozent. Differenz im Mittel
Hunger	5	1296,3	1305,2	— 1,42
	2	1091,3	1056,6	
Fett	5	1510,1	1495,3	— 0,97
Fleisch und Fett	8	2492,2	2488,9	— 0,42
	12	3985,4	3958,4	
Fleisch	6	2249,4	2276,9	+ 0,43
	7	4780,8	4769,3	

Die an zwei Tieren angestellten Versuche währten 45 Tage.

Das Gesamtmaß der aus dem Stoffumsatz berechneten Wärme war 17406 Kal., das der direkten Messung 17350 Kal., sie verhalten sich wie

100 : 99.62, —, was bei der Schwierigkeit der Untersuchung eine vollkommene Übereinstimmung bedeutet. Viele Jahre später wurde von Atwater und Benedikt der gleiche Versuch am Menschen mit dem gleichen Ergebnis ausgeführt. Das Gesetz der Erhaltung der Kraft ist damit völlig einwandfrei auch für den lebenden Organismus bewiesen.

Der Energieverbrauch läßt sich also, wenn man den Nahrungsstoffverbrauch kennt, und die Verbrennungswärmen der letzteren bekannt sind, durch Berechnung finden. Eine solche rein statistische Aufstellung hätte an sich nur beschränkten Wert, wenn die Energieverhältnisse nicht noch eine tiefergehende Bedeutung für den Organismus hätten.

Die meisten Organismen lassen sich für dieselben physiologischen Leistungen in verschiedener Weise ernähren, sie können im Hungerzustande leben und Substanzen vom Körper zu Lebenszwecken entnehmen; oder wir können sie mit sehr kleinen Eiweißmengen und viel Kohlehydraten, oder viel Fett oder durch Eiweiß allein ernähren.

Verfasser hat gefunden, daß dann die einzelnen Nahrungsstoffe für die gleichen Zwecke biologischer Leistung, sich in bestimmten Gewichtsverhältnissen ersetzen können; der Energiewert dieser sich vertretenden Nahrungsstoffe ist der gleiche; deswegen wurden die sich vertretenden Stoffmengen als isodyname Werte bezeichnet.

Isodyname Werte zu 100 Fett berechnet:

	direkt beim Tier bestimmt	aus der Verbrennungswärme
Muskeleiweißstoffe	225	213
Stärkemehl	332	229
Muskelfleisch	243	235
Rohrzucker	234	235
Traubenzucker	256	255

Die Isodynamie, die durch den Verfasser zuerst für ruhende Tiere bewiesen worden ist, wurde durch Zuntz (Du Bois' Arch. 1894, S. 541) und durch Atwater und Benedikt (Experiments on metabolism of matter and energy. U. S. Depart. of agric ult. Bull. 136, S. 182, 1903) auch für den arbeitenden Menschen (für Fette und Kohlehydrate) bewiesen.

Für gleiche physiologische Leistungen werden also gleiche Energiemengen verbraucht, der Energieinhalt ist also ein Maß für die physiologische Leistung für die Zwecke des Ernährungsvorganges. Dies ist die energetische Anschauung für die Lebensvorgänge. Die lebende Zelle bedarf zum Unterhalt ihrer Leistung einer kleinen Eiweißmenge (s. später) (etwa 4 Proz. des ganzen Energieumsatzes), darüber hinaus ist für ihre Zwecke nur der Energieinhalt eines Stoffes (Eiweiß oder Fett, oder Kohlehydrat) bestimmend. Die Summe der verbrauchten Energie drückt man in großen Kalorien aus und benennt sie Gesamtkraftwechsel.

Bei der Ernährung wird von den lebenden Substanzen eine Spaltung der Nahrungsstoffe (unter Eintritt von Sauerstoff) eingeleitet und die verfügbar werdende Energie auf das Lebende übertragen. Dortselbst findet das Leben seinen Ausdruck in einer Änderung der Stellung der Atomgruppen, die allmählich unter den physiologischen Leistungen der Zellen wieder eine andere wird und gewissermaßen in jene Lage zurückgeht, in der aufs neue Energie aufgenommen werden muß. Ich habe auch wegen dieser Selbststeuerung des Energieverbrauchs das Lebende aufgefaßt als eine Substanz, welche

mit den Eigenschaften eines periodisch tätigen Fermentes ausgerüstet ist. (Näheres s. b. Rubner, Kraft und Stoff, 1909, S. 56). Das Leben ist also nicht einfach ein Oxydationsprozeß mit Wärmebildung, sondern ein Prozeß der Umlagerung von Substanz, unter Freiwerden von Energie; diese Lebensdefinition gilt daher auch allgemein für die anaeroben Vorgänge bei den Mikroben.

Die energetische Betrachtung ist also eine notwendige Voraussetzung der Betrachtung der Ernährungsvorgänge; in vielen Fällen handelt es sich weit mehr um die biologischen Gesamtleistungen, als um die Einzelleistungen der stofflichen Ernährung, die gerade gegeben sein mögen.

Die Verbrennungswärmen der Nahrungs- und Leibesstoffe.

Die Verbrennungswärmen der Nahrungsstoffe lassen sich mit großer Genauigkeit feststellen. Die wesentlichen Werte enthält folgende Tabelle (nach Stohmann, Rubner, Berthelot).

	1 g liefert kg cal:
Hämoglobin	5,949
Muskeleiweiß	5,778
Fleisch	5,656
Albumin	5,735
kristallis. Eiweiß	5,672
Vitellin	5,745
Pepton	5,299
Ossein	5,040
Fischleim	5,242
gewöhnliche Gelatine	5,151
Tierfett	9,423
Olivenöl	9,400
Mohnöl	9,442
Zellulose	4,185
Stärke	4,182
Maltose	3,949
Rohrzucker	3,955
Traubenzucker	3,743
Harnstoff	2,523
Harn bei Eiweißkost	2,706
Harn „ Fleischkost	2,954
Harn „ Hunger	3,101
Kost bei Eiweißkost	6,852
Kost „ Fleischkost	6,318

Bei Eiweißzufuhr wird von diesem Nahrungsstoff noch spezifischer Harn und Kot gebildet, deren Verbrennungswerte den Nutzeffekt bedeutend verringern. Die wirklich verwertbare Größe der Energie nennt man den physiologischen Nutzeffekt.

Die Menge der durch den Harn verlorenen Verbrennungswärme beziehe ich auf den N-Gehalt des Harnes, und bezeichne den Quotienten $\frac{\text{Kal. des Harnes}}{\text{N}}$ als kalorischen Quotienten. Folgende Werte gelten für den Menschenharn:

Nahrung	Kalorischer Quotient des Harnes
Muttermilch	12,1
Kuhmilch beim Säugling	6,9
„ „ Erwachsenen	7,7
fettarme Kost	8,4
fettreiche Kost	8,6
Fleisch	7,7
Kartoffel	7,7

Ausgenommen die Muttermilchernährung ist also der Quotient nicht nennenswert verschieden, wie auch die Kost des Menschen wechselt; nur bei alimentärer Glykosurie oder Stoffwechselanomalien kommen erhebliche Unterschiede vor, wie sich von selbst versteht.

Gleichfalls zeigt der Kot trotz Variation der Nahrung sehr einheitliche Verhältnisse beim Menschen.

1 g organisch liefert kg/kal:

Fleischkost	6,403,	magere Kost	6,062,	Kartoffel	6,413,
Milchkost	6,518,	feines Brot	5,259,		
fette Kost	6,104,	Kleiebrot	5,293.		

Bei Kost mit Zellulose sinkt der Verbrennungswert des Kotes, weil unverdaute Zellulose sich beimengt.

Die Eiweißstoffe verlieren durch Harn und Kot 22—28 Proz. ihres Gesamtverbrennungswertes. Berechnet man den wahren Nutzeffekt der Eiweißstoffe unter Berücksichtigung des Energieverlustes in Harn und Kot, so liefert 1 g N:

bei Muskeleiweiß	26,6 Kal.
bei Fleisch	26,0 „
im Hungerstoffwechsel	25,0 „

Die Zahl für den Hungerstoffwechsel ist durch die direkte kalorimetrische Bestimmung des Energieverbrauchs beim hungernden Tiere bestätigt worden.

Der physiologische Nutzeffekt wurde bei mehreren Nahrungsmitteln am Menschen direkt von mir gemessen.

	Verluste an Energie in Proz. im Harn	im Kot	Physiol. Nutzeffekt
Kuhmilch	5,13	5,07	89,8
fette Kost	3,87	5,73	90,4
fettarme Kost	4,65	6,00	89,3
Kartoffel	2,0	5,60	92,3
Brot	2,4	15,5	82,1
Kleiebrot	2,2	24,3	73,5
Fleisch	16,3	6,9	76,8

Der Nutzeffekt ist im allgemeinen sehr groß, wenn nicht durch Harnbildung, wie bei Fleisch, und durch unresorbierbare Zellulose, wie bei Brot und Kleiebrot, besondere Quellen des Energieverlustes entstehen.

Für die Berechnung des Kalorienwertes der Kost für praktische Zwecke habe ich Standardzahlen berechnet, deren Werte sind:

1 g N-Substanz (Eiweiß) = 4,1 Kal.,
1 „ Fett = 9,3 „
1 „ Kohlehydrat = 4,1 „
(Zeitschr. f. Biol. XXI, S. 377).

Die Zahlen gelten für die gemischte Kost des Menschen; es ist aber jedesmal der Verlust an Energie durch den Kot noch in Abzug zu bringen. Man erfährt ihn am besten durch direkte Bestimmung der Verbrennungswärme des Kotes. Wo die Mittel dazu fehlen, mag man durch eine schätzende Berechnung die gewünschten Werte ableiten. Solche Korrekturen sind natürlich wegen der verschiedenen Ausnützung nur annähernd anzugeben, für eine zellulosearme Kost können rund 6 Proz. der berechneten Kalorien auf den Kot kommen (6,1 g berechnet sich im Mittel aus den Zeitschr. f. Biol. XLII, S. 306 aufgeführten Zahlen), bei Gemischen mit mehr Schwarzbrot wird man 8 Proz. in Anschlag bringen müssen (Zeitschr. f. Biol. XXI, S. 384).

Empfehlenswerter ist wenigstens die direkte Bestimmung der Kotmenge und deren organischer Substanz, für welch letztere dann rund 6,09 Kal. pro 1 g organisch gerechnet werden könnten.

Übrigens stimmen Berechnungen mit obigen Standardzahlen mit den direkt im Kalorimeter durch Verbrennung bestimmten Kalorienwerten der Kost für praktische Zwecke genügend, nämlich bis auf 0,6 Proz., überein, mit den größten Abweichungen von + 2,8 und — 0,9 Proz. (Zeitschr. f. Biol. XLII, S. 295).

Methoden der Feststellung des Stoff- und Kraftverbrauches.

Zur Erkenntnis und zum Studium der Ernährungsvorgänge bedürfen wir der Methoden, welche einerseits den Stoffverbrauch wie anderseits die Wärmeproduktion verfolgen lassen.

Zur Untersuchung der im Stoffwechsel zerstörten Stoffe scheint es nötig, alle von dem Körper abgegebenen Produkte zu sammeln und mit der Nahrungszufuhr in Vergleich zu stellen. Wir bedürfen aber tatsächlich für die meisten Zwecke nur der Feststellung der Quantität zweier Elemente in den Einnahmen und Ausscheidungen, nämlich des Stickstoffes und des Kohlenstoffes. Der Stickstoff, welcher aus dem Körper ausgeschieden wird, entstammt den Eiweißstoffen oder bekannten Gemengen von Eiweißstoffen mit stickstoffhaltigen Extraktivstoffen (z. B. im Fleische). Das Verhältnis von Stickstoff zu Kohlenstoff ist für diese Verbindungen genauestens bekannt. Es trifft nach Rubner auf 1 Teil N rund 3,28 C.

Kennt man auch die Menge des im ganzen ausgeschiedenen Kohlenstoffes, so lassen sich die Zersetzungen von Eiweiß, Fetten und auch Kohlehydraten berechnen (Pettenkofer, Voit). Zieht man von der Gesamtmenge des ausgeschiedenen Kohlenstoffes jene Kohlenstoffmengen ab, welche sich aus dem Stickstoffgehalte der Ausscheidungen nach obigen Verhältniszahlen (1 N = 3,28 C) als aus Eiweiß herstammend berechnen lassen, so hinterbleibt in manchen Fällen kein Rest; dann ist nur Eiweiß zersetzt worden; oder es bleibt ein Rest Kohlenstoff, dann kann außer Eiweiß auch noch Fett und Kohlehydrat zerlegt worden sein. Befanden sich in den aufgenommenen Speisen letztere nicht, so läßt sich aus dem Kohlenstoffreste durch Multiplikation mit 1,3 das verbrannte Fett ersehen. Wenn aber Kohlehydrate eingeführt wurden, so hat man erst den Kohlenstoffgehalt derselben von der Menge des nach Abzug des Eiweißkohlenstoffes verbleibenden Kohlenstoffrestes abzuziehen. Die Feststellung der Eiweißzersetzung, Fettzersetzung und Kohlehydratzersetzung unterliegt also für längere Nahrungsperioden keinen Schwierigkeiten. Es gibt aber auch Fälle, in denen sich die Ernährungsgleichung in dieser einfachen Form nicht lösen läßt.

Die Bestimmung des Stickstoffes kann man im frischen Harn nach der von Kjeldahl angegebenen Methode untersuchen. 5—10 cm^3 Harn werden mit 10 cm^3 englischer und 10 cm^3 rauchender Schwefelsäure versetzt und bis zur Verjagung des Wassers und dem Auftreten starker Dämpfe erhitzt. Die Flüssigkeit, anfänglich braun bis schwarz, wird farblos. Dieser Prozeß dauert etwa 25 Minuten. Nach dem Abkühlen und Verdünnen auf etwa 200 cm^3 werden 80 cm^3 einer Natronlauge von 1,3 spezifischem Gewichte, ein Paar Stücke granulierten Zinkes hinzugefügt, nach Anlegung eines Kühlers destilliert und das Destillat in verdünnter Schwefelsäure von bekanntem Gehalte (etwa 0,4 gr SO_3 in 100 cm^3) aufgefangen. Kot, entweder frisch oder unter Oxalsäurezusatz getrocknet, wird gleichfalls nach Kjeldahl untersucht.

Die Auscheidungswege für stickstoffhaltiges Material sind in erster Linie Harn und Kot; in letzteren beiden sind fast sämtliche bei der Verbrennung stickstoffhaltiger Stoffe freiwerdenden Zersetzungsprodukte enthalten. Etwas Stickstoff (Harnstoff, Ammoniak etc.) enthält noch der Schweiß; als verschwindend kann der Stickstoffverlust durch Haare, durch Sputum, Hauttalg, Epidermisschüppchen und durch Ammoniak im Atem bezeichnet werden. Für die meisten Fälle ist eine sorgfältige Untersuchung von Harn und Kot zur Berechnung des ausgeschiedenen Stickstoffes vollkommen ausreichend (Voit).

Alles eiweißartige Material zerfällt im Körper zu in Wasser löslichen festen, nichtflüchtigen Stoffen; eine Abspaltung von Stickgas, wie früher vermutet, gibt es nicht und bedarf es daher keiner Untersuchung der Atemgase, um den Verbrauch an Stickstoff festzustellen (Voit). Diese Tatsache ist auch in jüngster Zeit von Krogh nochmals bestätigt worden.

Der Harn wird beim Menschen leicht vollständig erhalten; bei Tieren muß derselbe mit dem Katheter genommen und die Blase nachgespült werden.

Der Kot bei bestimmter Fütterung läßt sich beim Menschen dadurch genau erkennen, daß man an dem einer bestimmten Versuchsreihe vorausgehenden, wie nach Abschluß derselben folgenden Tage ausschließlich Milch genießt. Es sind auch vielfach andere Verfahren angegeben worden, wie die Färbung des Kotes mit Tierkohle, die man mit der Versuchsnahrung verzehrt u. dgl. Allein sie können die Vorteile der Milchabgrenzung wenigstens bei nur 2- oder 3tägigen Versuchen nicht an Genauigkeit ersetzen. Manchmal wird man Milchabgrenzung und Färbung des Versuchskotes zur Anwendung bringen. Die Milchaufnahme am ersten Versuchstage muß man schon in den Nachmittagsstunden beendet haben, jene am Schlusse erst frühestens zu Mittag beginnen, so daß zwischen Abgrenzungsnahrung und Versuchsnahrung geraume Zeit dazwischen liegt.

Kohlenstoff tritt namentlich in der Lunge (und durch die Haut) aus (hier überwiegend als Kohlensäure), nicht unwesentlich aber auch mit dem Harn und Kot in verschiedenen Verbindungen. Die Feststellung des auf diesen Wegen verlorenen Kohlenstoffes genügt für fast alle Untersuchungen. Die Verluste durch Haare, Talg, Sputa, Schweiß, Epidermisschüppchen können vernachlässigt werden.

Harn und Kot werden, wenn nötig, auf ihren Kohlenstoffgehalt untersucht. Der Harn wird am besten frisch mittels Chromsäure und Schwefelsäure verbrannt, wohl selten, wenn es sich auch um die Bestimmung von Wasserstoff und Sauerstoff handelt, nach vorherigem Eindampfen im Vakuum

bei niedriger Temperatur im offenen Rohr und Sauerstoffstrom nach den Regeln der Elementaranalyse. Die Feststellung des mit der Atmung in der Form von Kohlensäure (ev. Kohlenwasserstoff) ausgeschiedenen Kohlenstoffes ist aber eine schwierige, insofern man hierzu besonderer Respirationsapparate bedarf.

Die Respirationsapparate sind nach verschiedenen Prinzipien gebaut; keiner läßt die natürlichen Bedingungen der zu untersuchenden Organismen derart unverändert, wie der von Pettenkofer angegebene, der auch allein beim Menschen für langdauernde Versuche anwendbar ist.

Der Mensch befindet sich in einem großen, zimmerartigen Eisenwürfel. der mittels einer großen, durch irgendeinen gleichmäßig arbeitenden Motor betriebenen Gasuhr eine lebhafte Ventilation erfährt. Die Gasuhr läßt ablesen, wieviel Luft hindurchgetrieben wurde. Durch besondere, in gleichmäßigem Rhythmus bewegte Glaspumpen, die in Quecksilber tauchen, werden dem Rohre, in welchem die Hauptmasse der Luft nach der großen Gasuhr sich fortbewegt, mehrere Proben entnommen, nach kleineren Gasuhren hingetrieben. Diese kleinen Luftproben dienen zur Analyse; indem dieselben zuerst durch kleine Kölbchen mit Bimsstein-Schwefelsäurefüllung gesaugt werden, geben sie da ihren Wasserdampf ab, dessen Menge durch die Gewichtszunahme der Kölbchen bestimmt ist, gelangen dann in die Pumpen und werden bei Niedergang des Zylinders der Pumpe durch Pettenkofersche Barytröhren getrieben. Hier wird die Kohlensäure abgegeben und schließlich entweicht die Luft durch kleine Gasuhren, in welchen das Volumen gemessen wird. Durch Titrierung des Barytwassers wird die Kohlensäure quantitativ bestimmt. Da die in den Apparat einströmende Zimmerluft bereits Wasserdampf und Kohlensäure enthält, wird auch diese auf ihren Wasser- und Kohlensäuregehalt in gleicher Weise wie die Atemluft untersucht. Berechnet man, wieviel Wasser und Kohlensäure in 1000 l der einströmenden Luft und wieviel davon in 1000 l der über den Menschen hinweggegangenen Luft vorhanden sind, so ergibt die Differenz den Zuwachs, welchen 1000 l Luft durch die Atmung des Menschen erfahren haben. Multipliziert man diesen Wert mit der Zahl der Kubikmeter, welche durch den Respirationsraum gegangen sind, so erfährt man die Gesamtmenge der ausgeatmeten Kohlensäure und des Wasserdampfes.

Ein anderes typisches Prinzip des Respirationsapparats ist das von Regnault und Reiset durchgebildete, bei welchem das Versuchsobjekt in einem hermetisch verschlossenen Raume sich aufhält. Die Luft muß dadurch kohlensäurereich, feucht und sauerstoffarm werden. Um dies zu verhüten, läßt man die Luft mit Hilfe geeigneter Triebvorrichtungen durch Absorptionsapparate (Natronlauge) zirkulieren, in denen Kohlensäure und Wasser weggenommen wird. So verringert sich dann allmählich das Volumen der abgeschlossenen Luft, durch Verbindung mit Sauerstoffbehältern läßt man dann meist automatisch den durch die Atmung verschwundenen Sauerstoff sich wieder ergänzen. Die Methode bietet die Möglichkeit, den verzehrten Sauerstoff direkt zu messen.

Die Verbrennungswärmen organischer Nahrungsstoffe sind früher von Stohmann und Rubner mit Hilfe eines von Thompson angegebenen, dann mannigfach modifizierten Kalorimeters bestimmt worden.

Am häufigsten findet jetzt die kalorimetrische Bombe Berthelots Verwendung (Fig. 1): A ist ein großer Gußstahlblock mit Platinausfütterung.

B der ähnlich gefertigte Deckel, C die Verschraubung des Deckels, c_1 dient zur Zuleitung des elektrischen Stromes, der einen dünnen in die zu untersuchende Masse eingebetteten Eisendraht verbrennt und die zu verbrennende Substanz sofort entzündet. Der Raum A ist mit hochgradig komprimiertem Sauerstoff gefüllt (15—24 Atmosphären).

Die Menge der von einem Tiere abgegebenen Wärme ist zuerst mit Hilfe des vom Verfasser 1891 angegebenen Kalorimeters in Dauerversuchen bestimmt worden, das die Wärme und den abgegebenen Wasserdampf und die Kohlensäure zu messen erlaubt.

Dieses Kalorimeter vereinigt in sich den kompletten Apparat zur Wärmemessung und Bestimmung der ausgeschiedenen Respirationsprodukte. Bezüglich der Einrichtung für letztere sei auf den Respirationsapparat von Pettenkofer verwiesen. Das Kalorimeter kann auch nach dem Prinzip Regnaults mit Einrichtungen zur Bestimmung des Sauerstoffs versehen werden. Das Kalorimeter, ein Luftkalorimeter, ist in folgender Weise eingerichtet:

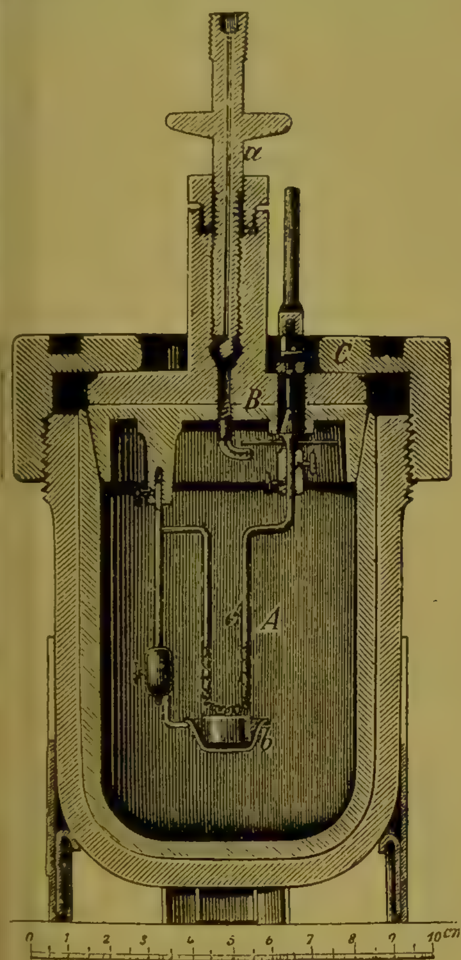


Fig. 1.

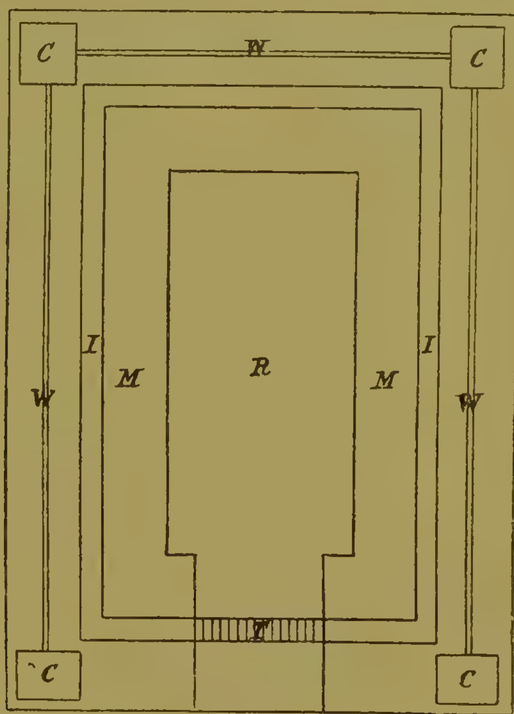


Fig. 2.

Der Kalorimeterraum R (Fig. 2), welcher zur Aufnahme einer Wärmequelle dient, ist im Vertikalschnitte wie Horizontalschnitte rechteckig gestaltet, mit etwas abgestumpften Kanten, höher als breit. Den Verschluß bildet eine luftdicht aufschraubbare Tür (T). Diesen Raum R umgibt an allen Stellen, die Tür ausgenommen, ein Mantel aus Kupferblech (M), die zur Bewegung von Spirometern nötige Luftmenge einschließend.

Der ganze dem Luftkalorimeter entsprechende Teil des Apparats wird von dem zweiten Mantel, gleichfalls aus Kupferblech, umgeben, so daß der Isolierraum (I) entsteht.

Das System der Mantelräume ist an dem Eingange in den Kalorimeterraum fest verlötet und in ein Wasserbad (W) von großen Dimensionen versenkt, doch so, daß eine Seite des Wasserbades behufs Kommunikation mit dem Kalorimeterraume durchbrochen wird (bei T).

Der Korrektionsapparat besteht aus kupfernen Hohlkörpern von rechtwinkligem Querschnitte (C), welche in dem zwischen Kalorimeter und Wasserbadwandung bleibenden Raume versenkt sind. Die Hohlkörper kommunizieren durch Bleiröhren untereinander, und eine Ableitung führt die Luft nach einem Spirometer von kleineren Dimensionen, wie das dem eigentlichen Kalorimeter zugehörige ist.

Das Wasserbad, in welches das Kalorimeter wie der Korrektionsapparat eingebettet ist, wird ständig auf gleicher Temperatur erhalten, so daß im allgemeinen nur Schwankungen des Barometerdruckes in Frage kommen.

Die Temperatur der einströmenden wie abströmenden Luft wird in unmittelbarer Nähe des Kalorimeters durch ein in 0,05 Grad geteiltes Thermometer gemessen.

Der Apparat wird mittels Durchleiten von warmem Wasser durch eine Kupferspirale, Messung des Temperaturverlustes und der Wassermenge oder auf elektrischem Wege empirisch graduiert, indem die einer bestimmten Kalorienzahl entsprechenden Ausschläge des Spirometers gemessen werden.

Ventiliert wird das Kalorimeter nach dem Prinzip von Pettenkofer mittels einer Gasuhr.

In den letzten Jahren sind eine ganze Reihe von Kalorimetern angegeben worden. Besondere Erwähnung verdient das von Atwater und Benedict benutzte, das auch in einer für den Menschen tauglichen Größe des Versuchsraumes ausgeführt worden ist und sich in seinem Respirationsteil an den Regnaultapparat anschließt.

Die Kostspieligkeit der Respirationsapparate mit Wohnkammern, wie man sagen könnte, und deren schwierige Bedienung hat dazu geführt, immer aufs neue vereinfachte Verfahren auszudenken, nicht immer zum Besten der Entwicklung der Genauigkeit der Resultate. Denn die Fülle von Beobachtungen kann nicht immer die Zuverlässigkeit der Ergebnisse ersetzen. Für die Ernährungslehre gilt noch immer der vom Verfasser vertretene Grundsatz, daß eine möglichst vollkommene Feststellung aller Stoffwechselvorgänge bei einem Experiment einen viel dauernderen Gewinn darstellt, als Teiluntersuchungen, bei denen nur der eine oder andere Stoffwechselvorgang (Stickstoffumsatz oder Respirationsvorgang oder Wärmebildung oder Nahrungsaufnahme) für sich untersucht wird.

Manche Beobachter haben sich darauf beschränkt, nur die Respirationsprodukte allein festzustellen.

Die älteste Methode zur Bestimmung des Stoffwechsels dieser Art, ist die Messung des Sauerstoffkonsums, den Lavoisier eingeführt hat, sehr vervollkommnet wurde sie durch Regnault und Reiset, die sogar in längeren Versuchen Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureausscheidung maßen.

Neben solchen länger dauernden Versuchen hatte man das Bedürfnis, auch Veränderungen des Stoffwechsels, die in kurzen Zeiten erfolgen, unter der Ein-

wirkung von Bädern, Hitze, Kälte u. dgl., zu prüfen. Man ging daher dazu über, statt großer Kammern, in denen sich Tiere oder der Mensch aufhalten können, Apparate zu bauen, welche nur die Atemgase zu untersuchen erlaubten, deren Volumen sowohl wie auch ihre quantitative Zusammensetzung.

Die Versuche dauern von 3 Min. bis etwa 15 Min. Die Zahl solcher „Respirationsapparate" ist eine sehr große, für Menschen wie Tiere ist das Prinzip anwendbar. Wir verdanken solchen Experimenten viele wichtige Erweiterungen unserer Kenntnisse. Was die Entwicklung der Methodik anlangt, so sind da zu nennen die Arbeiten von Vierordt und Speck, die sich im wesentlichen zur Atemvolummessung der Spirometer bedienten, jene von Lossen, der zuerst die Gasuhr für solche Zwecke benutzte. Die Verbesserungen der Gasanalyse haben auch auf die Anwendbarkeit dieser Methodik ihren Einfluß geübt. N. Zuntz hat seit längerer Zeit einen Atemapparat eingeführt, der neben der Hempelschen Gasanalyse das von Pettenkofer erdachte Prinzip der kontinuierlichen Probeentnahme durch einen Teilstrom zur Anwendung bringt. Gleichzeitig mit der Drehung der Achse einer Gasuhr, durch welche geatmet wird, bewegt sich ein Apparat zur Probeentnahme der Atemluft.

Alle Apparate dieser Art haben den gemeinsamen Nachteil, daß sie sehr ermüdend auf die Atmung einwirken und deshalb die Versuchszeiten beschränkt bleiben müssen. Der Atemrhythmus darf nicht beliebig geändert werden. Man kann auf diese Weise das Atemvolum, die Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffabsorption messen. Die Ergebnisse solch kurzdauernder Versuche können zur Berechnung von Tageswerten nicht benutzt werden, obschon dies gelegentlich immer wieder versucht wird. Die meiste Bedeutung hat man der Messung des Sauerstoffverbrauchs beigemessen, seit Lavoisiers grundlegenden Untersuchungen. Seitdem man weiß, daß alle Vorgänge des Lebens sich in dem Verbrauch an Energie ausdrücken, hat man versucht, diese Respirationsmethoden zu einer Energiemessung umzugestalten und früher kurzerhand auch angenommen, daß Sauerstoffkonsum und Energieverbrauch dasselbe bedeuten. Ich habe zuerst an der Hand einwandfreier Bestimmungen der Verbrennungswärme der Nahrungsstoffe gezeigt, daß das Wärmeäquivalent des Sauerstoffs je nach der Art der umgesetzten Nahrungsstoffe ganz erheblich schwankt. (Z. f. Biol. 1885, XXI, S. 364.) Die niedrigsten Werte des Wärmeäquivalents des Sauerstoffs zeigen Eiweißstoffe, wenn sie im Körper verbrennen, die höchsten die Kohlehydrate. Über diese Verschiedenheiten kann kein Zweifel sein.

Das Verhältnis zwischen Gesamtsauerstoffverbrauch und dem Sauerstoffverbrauch zur Kohlestoffverbrennung nennt man den respiratorischen Quotienten. Er ist = 1, wenn man Kohlenstoff verbrennt (Kohlehydrate) und wird kleiner, wenn Sauerstoff auch zur Oxydation von Wasserstoff in Anspruch genommen wird. Wenn nur zwei bekannte Stoffe verbraucht werden, kann man aus dem Quotienten etwa ableiten, wieviel von dem einen oder dem andern verbraucht worden ist. Wenn aber, wie häufig, drei Stoffe mit verschiedenen Quotienten wie Eiweiß, Fett, Kohlehydrate verbraucht werden, so ist eine Ableitung der verbrennenden Stoffe unmöglich.

In neuester Zeit hat man angefangen, die ausschließliche CO_2- und O-Bestimmung bei Atemversuchen aufzugeben, man verbindet einen solchen Versuch mit der Bestimmung der N-Ausscheidung im Harn. (Siehe bei Magnus Levy, Physiologie des Stoffwechsels in Noordens Handb. d. Pathol. des

Stoffw., S. 206.) Aus dem Werte der N-Ausscheidung im Harn berechnet man die Eiweißzersetzung und zieht von den Respirationsprodukten die aus Eiweiß stammende Kohlensäure und den zur Verbrennung nötigen O ab, um dann den Rest, der auf Fette und Kohlehydrate bezogen werden kann, in der unten gegebenen Weise weiter zu berechnen.

Dies Verfahren ist nicht immer ganz einwandfrei, in manchen Fällen sicher unrichtig. Einmal ist es unmöglich, anzugeben, wieviel Eiweiß während eines 3—15 Min. dauernden Versuches zerlegt wird, ferner kann der N ausgeschieden werden, ohne daß der N-freie Rest des Eiweißes, der im Körper bleibt, zerlegt wird; weiter kann, wie nach Fleischzufuhr, N ausgeschieden werden, der von Extraktivstoffen herrührt und mit der Verbrennung überhaupt nichts zu tun hat; N kann auch durch ungleiche Wasserzufuhr in kurzen Zeiträumen ausgewaschen und später wieder aufgespeichert werden.

Aber vorausgesetzt, wir kennen den Eiweißumsatz wirklich, so ist in den meisten Fällen ein anderer Faktor nicht völlig genau bekannt, der respiratorische Quotient des verbrannten Eiweißes. Über diesen gehen Meinungen und Experimente weit auseinander. Dies zugegeben, kann die Berechnung natürlich nur approximativen Wert haben. Denn nach Abzug der respiratorischen Produkte des Eiweißes wird aus dem Rest von CO_2 und O bestimmt, was für Stoffe verbrannt worden sind. Darüber entscheidet der respiratorische Quotient, der für Fett = 0,707, für Kohlehydrate = 1,00 ist. Es läßt sich leicht durch Rechnung angeben, welche Quotienten verschiedenen Mischungen beider Stoffe entsprechen; da nur die Variationsbreite 0,707—1,00 besteht, so machen kleine Differenzen der Quotienten viel aus für die Berechnung der prozentigen Beteiligung der einzelnen Nahrungsstoffe, wie auch für die Berechnung des kalorischen Wertes des Sauerstoffs.

Kleine Fehler in der Bestimmung des Quotienten durch unvermeidliche gasanalytische Unregelmäßigkeiten, Änderung des Atemtypus usw. können das Resultat erheblich ändern, und bei Ausbruch von Schweiß bezw. bei starker Transpiration überhaupt, können so große Mengen von Kohlensäure durch die Haut abgehen, daß hierdurch der respiratorische Quotient, also die Wärmeberechnung, besonders aber die Feststellung der Art des Stoffumsatzes mit Fehlern belastet werden kann.

Die Zergliederung des respiratorischen Quotienten wird zur Unmöglichkeit, wenn etwa diabetische Zustände, oder zeitweilig ein allmählicher Abbau von N-Spaltstücken des Eiweißes, Glykogenbildung, Fettbildung gegeben sind. Bei Diabetes, oder der Bildung von Glykogen aus Eiweiß sinkt der respiratorische Quotient unter 0,7, bei Fettbildung aus Zucker steigt er über 1,0, dem höchsten Wert, den man sonst bei reiner Kohlehydratkost erhalten kann.

Somit eignen sich Untersuchungen solcher Art nicht für Stoffwechseluntersuchungen im engeren Sinne, wohl aber für Untersuchung rascher und starker Veränderungen des Stoffumsatzes bei der Arbeitsleistung, durch Bäder u. a.

Für grundlegende Stoffwechseluntersuchungen müssen volle Tagesversuche, ev. Reihen mehrerer Tage zugrunde gelegt werden und außerdem muß unter Umständen die direkte Untersuchung durch das Kalorimeter herangezogen werden. Kalorimetrische Versuche von kurzer Dauer (1 bis 2 Stunden) eignen sich immerhin schon für manche Fragen, wenn kleine Fehler der Bestimmung der Leibestemperatur der Tiere oder des Menschen für die Resultate nicht von Belang sind.

Für die praktische Stoffwechsellehre können oft vereinfachte Formen der Feststellung der Ernährungsverhältnisse Platz greifen.

Nicht in allen Fällen ist es notwendig, die von Mensch oder Tier produzierte Wärme direkt zu bestimmen; für viele Fälle ist es vollkommen ausreichend, wenn aus der Menge der verbrannten Stoffe der Kraftverbrauch nach der Verbrennungswärme der Stoffe berechnet wird. Bei dem ruhenden Tiere ist erwiesen, daß die Wärmeproduktion, welche aus den im Körper eines Tieres zersetzten Nahrungs- oder Körperstoffen auf Grund der Verbrennungswärmen berechnet wird, sich vollkommen deckt mit der an das Kalorimeter abgegebenen und durch Wasserverdampfung verlorenen Wärme (Rubner). Die Berechnung der Wärmeproduktion aus der Verbrennungswärme der Nahrungsstoffe begreift in sich auch die zur Leistung von Arbeit verwendete Kraft (Wärmeäquivalent der Arbeit); bei direkter Messung der Wärmeproduktion muß das kalorische Äquivalent der Arbeit, wenn solche geleistet worden ist, noch besonders berechnet werden. (427,2 kg/m = 1 kg/kal)

Werden Versuche der Nahrungsfeststellung nach dem Konsum auf viele Tage ausgedehnt, so lassen sich die Ergebnisse auch für wissenschaftliche Fragen recht wohl verwerten.

Eine fast stets unentbehrliche Feststellung in Ernährungsfragen, ist die der Ernährungsbilanz, das heißt der Vergleich der Nahrung mit den Verhältnissen der Stoffzersetzung. Nur durch eine daraufhin gerichtete Untersuchung erfährt man, wie sich der Organismus zur Ernährung stellt, ob eine Zunahme der Körperbestandteile eintritt, und welcher, oder ob der Körper an Material verliert und welcher Art dieser Verlust ist.

Einfache Gewichtsbestimmungen sind auch, wenn sie mehrtägige Periode der Ernährung umfassen, trügerisch, und sagen über die Natur der Veränderungen nicht viel aus. Nur in sehr langen Zeiten gewinnt die Gewichtsbestimmung einen erhöhten Wert und Eindeutigkeit.

II. Abschnitt.

Die Lehre vom Kraftwechsel.

Ruhe und Arbeit.

Der Kraftwechsel umfaßt die Summe der Gesamtenergie, welche aus dem Organismus austritt; zumeist wird derselbe gemessen auf Grund des Energieinhaltes der eingenommenen Nahrungsstoffe oder der umgesetzten Stoffe im Körper, selten durch direkte Messung der verlorenen Kräftesummen, also durch biokalorimetrische Messungen direkter Art. Im allgemeinen können zur Bemessung des Kraftwechsels auch nur 24stündige Messungen herangezogen werden, da nur diese für praktische Zwecke genügende Sicherheit bieten können.

Die Größe des Kraftwechsels beträgt beim Menschen bei gemischter Kost und bei einem Beruf, der keine eigentliche Muskeltätigkeit erfordert (für 70 kg) rund 2445 kg/kal pro 24 Stunden, beim Hungernden rund 2303 kg/kal.

Der Kraftwechsel ist, wie man aus Versuchen an Tieren weiß, sehr konstant, wenn nur die gleichen Versuchsbedingungen eingehalten werden.

Den größten Einfluß als quantitatives Moment übt die Tätigkeit der Muskeln aus. Der tiefe Schlaf, leiser Schlaf, Wachsein im Bette, das Sitzen, Gehen, mechanische Arbeit verschiedenen Grades variieren den Kraftwechsel aufs mannigfaltigste, daher die gewerbliche Arbeit auch ganz verschiedenen Kraftwechsel erfordert. Die in nachfolgendem benützten Ausdrücke „Bruttowerte“ und „Reinwerte“ sollen besagen, ob die Berechnung aus den Nahrungsmitteln ohne Berücksichtigung des Energieverlustes des Kotes, oder mit Berücksichtigung desselben ausgeführt ist.

Für Personen mit mittlerer Arbeitsleistung (Reinwerte) kann man rund 2868 kg/kal annehmen, für schwerere Arbeit 3362 kg/kal. Es finden sich aber noch Angaben, allerdings ohne genaue Bezeichnung der Körpergröße der Arbeiter (Bauernknecht, Ziegelarbeiter usw. bis zur Höhe von 5200 Kal. (als Reinwert)*).

Die vielfachen Kosterhebungen, welche die Literatur verzeichnet, leiden nicht selten an so weitgehenden Mängeln, daß man sie vielfach wissenschaftlich kaum verwerten kann. Oft sind nicht einmal die Gewichte der Personen, um welche es sich handelt, festgestellt, häufig nur die eingekauften Nahrungsmittel gemessen oder gewogen, oder nicht einmal festgestellt, wieviel tatsächlich verzehrt worden ist, ferner kann die Kost verschiedener Menschen ungleich resorbierbar sein, endlich aber kann die Koststatistik meist gar nicht feststellen, ob nicht während der Versuchszeit ein Ansatz von Stoffen, besonders z. B. von Fett, oder auch ein Verlust eingetreten ist.

Die ersten eingehenden Messungen des Stoffwechsels sind von Pettenkofer und Voit mittelst der Respirationsapparate gemacht worden (Z. f. Biol. 1869, Bd. 5, S. 369), ihre Ergebnisse sind zum Teil den obigen Berechnungen zugrunde gelegt, in neuerer Zeit haben Atwater und Benedict eine größere Zahl ähnlicher Bestimmungen mit ihrem Kalorimeter am Menschen ausgeführt.

Ein Unterschied im Energieverbrauch zwischen Schlafen und Wachen läßt sich bei Tieren, die absolut in gleicher Ruhe verharren, kaum nachweisen (Rubner). Voit und Pettenkofer fanden eine Verringerung des Kraftwechsels beim Menschen um rund 24 Proz. im Schlaf (Lehrbuch d. Hyg., S. 205), dieselben Werte erhielt Wolpert beim Wachsein und beim Schlafen (bei gleicher Bekleidung, + 24,4 Proz. für das Wachsein (Arch. f. Hyg. XXVI, S. 61, und Lewin, Z. f. Biol. XVIII, S. 75). Sondén und Tigerstedt finden bei Wachsein den Kraftwechsel zu + 45 Proz. erhöht (Skand. Arch. f. Phys. 1895. IV, S. 1), es kommt eben darauf an, was man unter Wachsein versteht. Wachsein gestattet sehr verschiedene Grade muskulärer Leistung.

Was man Temperament eines Menschen nennt, drückt sich auch in verschiedenen Muskelleistungen aus. Die Unruhe des Lebhaften, die Ruhe des Phlegmatikers sind Beispiele verschiedener Arbeitsleistung.

Die Dauer der Schlafzeit, Tiefe des Schlafes, der von mancher Person gepflegte Mittagsschlaf, alle diese Momente müssen mitunter in Betracht gezogen werden, wenn man die Größe des individuellen Kraftwechsels verstehen will.

Durch die Arbeitsleistung kann, wie die oben mitgeteilten Zahlen

*) Die statistischen Erhebungen des Stoffwechsels sind so zahlreich, daß sie hier nicht berücksichtigt werden können. Eine Kritik der Fehlerquellen findet sich bei Rubner, Volksernährungsfragen 1908, S. 64.

dartun, der mittlere Kraftwechsel des Tages um 18 Proz., bei schwerer Arbeit (3362 Kal.) um 37 Proz und mehr gesteigert, ja mehr als verdoppelt werden (Atwaters Versuche). Berücksichtigt man nur die reine Arbeitszeit, d. h. kürzere Perioden, so sind natürlich die Differenzen noch viel größer.

Die Menge von Stoffen, welche in der Arbeitszeit zerstört wird, ist niemals gleich dem Wärmeäquivalent der Arbeit selbst, sondern viel größer. Der Arbeitsgewinn von 10 Proz. der aufgewandten Energie (in Kal.) ist bei Maschinen ein bereits guter Nutzeffekt, er kann aber allerdings durch Überhitzung des Dampfes noch erheblich gesteigert werden. Bei der Muskelarbeit steigt im Organismus die Atemtätigkeit, die Herzleistung, schon darnach muß ein überschüssiger Verbrauch an Kraft eintreten. Aber selbst, wenn man am ausgeschnittenen Froschmuskel den Energieumsatz und die Arbeit mißt, wie Fick es in ausgedehnten Versuchen gemacht hat, so kommt man nur zu einem Nutzeffekt von etwa 25 Proz. — also ein hoher Wert — im Verhältnis zu den Wärmemaschinen. Je weniger man vom Kaltblüter-Muskel Arbeit verlangt, um so geringer ist der Nutzeffekt und desto größer die nutzlos erzeugte Wärme.

Als ganz vollständig über längere Zeit fortgeführte Versuche mögen die in nebenstehender Tabelle aufgeführten Experimente am Menschen von Atwater erwähnt*) sein.

	Kalorien pro Tag			Kalor. Äquval. der Arbeit	Nutzeffekt Proz.
	Mittel in Ruheversuchen	Mittel in Arbeitsversuchen	Mehrzers. bei der Arbeit		
42 Tage Ruheversuche . . . . } 12 „ Arbeitsversuche . . . }	2279	3892	1613	214	13,3
12 „ Ruheversuche . . . . } 18 „ Arbeitsversuche . . . }	2119	3559	1440	233	16,2
4 „ Ruheversuche . . . . } 14 „ Arbeitsversuche . . . }	2357	5143	2786	546	19,6

Die Zahl der geleisteten kg/m betrug rund 91000—99000—232000 pro Tag und bestand in Fahrradtreten; die Umdrehungen wurden in elektrische Energie übergeführt. Häufig wird als Dynamometer der sogen. Ergostat verwendet, der die Zahl der Umdrehungen eines gebremsten Rades aufschreibt. Das Maß der Arbeit ist das kg/m. 427 kg/m entsprechen 1 kg/kal. 1 gr Eiweiß kann bei der physiologischen Verbrennung leisten 1740 kg/m, 1 gr Fett 3995 kg/m, 1 gr Kohlehydrat 1742 kg/m.

Nach Versuchen der Schüler von N. Zuntz wäre der Nutzeffekt der Arbeitsleistung bei Menschen viel größer als nach den Experimenten Atwaters, beim Drehen an der Kurbel sollen 20—25 Proz., beim Steigen 35 Proz. des Energieumsatzes in Arbeit erscheinen (Katzenstein).

Nach Frentzel und Reach stellt sich der Kraftaufwand für 1 kg/m Steigarbeit auf 3 kg/m, beim Gehen auf ebenem Boden auf 0,23 kg/m für 1 m Wegstrecke pro Kilo Gewicht. Beim Abwärtssteigen kommt es sehr

*) U. St. Depart. of Agric. Office of exp. Stat. Bull Nr. 136, S. 190, 1903.

auf die Terrainschwierigkeiten an, nach denen sich der Arbeitsaufwand ändert. Ähnliche Angaben machen Sondén und Tigerstedt, Gruber und Bürgi usw. Die Zahlen des Nutzeffektes hängen in ihrem absoluten Werte ganz und gar von der Berechnungsweise ab, von der die Autoren ausgehen. Zuntz geht von Ruhewerten aus, die etwa der tiefsten Schlafruhe entsprechen; Atwater von dem Ruhezustand, wie er im Respirationsapparat innegehalten wird; dies berücksichtigt, würden die Werte der Nutzeffekte Atwaters noch kleiner werden. Eine Übereinstimmung der Ergebnisse kurz- und langdauernder Versuche besteht hier nicht.

Es mögen noch einige Ergebnisse über verschiedene Arten der Arbeitsleistung angeführt werden, welche in kurzdauernden Experimenten gewonnen worden sind.

In Versuchen von N. Zuntz und seinen Schülern ist die Wärmebildung bei verschiedener Muskelarbeit aus der Sauerstoffzehrung (unter bestimmter Voraussetzung s. oben S. 62) abgeleitet worden Als Arbeitszuwachs wurde berechnet die Menge des über den Ruhewert hinausgehenden Sauerstoffverbrauchs. Nachfolgende Zahlen bedeuten pro Stunde und pro 70 kg Gewicht das Mehr an kg/kal.

	kg/kal	Die Steigerung beträgt in Proz. des Grundumsatzes
Gehen 3,6 km in 1 Stunde . . .	144	215
„ 6,0 „ „ „ „ . . .	283	420
„ 8,4 „ „ „ „ . . .	660	1000
„ 6,0 „ mit 25 kg Gepäck .	385	580
Steigen, 300 m bei 30 Proz. Neig.	147	220
„ steile Treppen	174	260
Arbeit am Ergostat 30000 m/kg p. Std.	388	580

(N. Zuntz, Handb. d. physik. Therapie von Goldscheider und Jacob 1901, I, S. 172.)

Die Differenzen in der Steigerung des Stoffwechsels sind hier außerordentlich große, man ersieht Zeile 3, daß der Umsatz um das 10fache gestiegen ist. Bemerkenswert ist weiter in Zeile 2 und 4 der geringe Zuwachs für die statische Arbeit, das Tragen der Last. Diese Tatsache ist schon früher bereits durch Speck mitgeteilt worden. Obige Zahlen dürfen übrigens nur unter Beachtung einiger wichtiger Überlegungen eine weitere Verwendung finden.

Zunächst muß man beachten, daß aus einem rein rechnerischen Grunde die Werte viel höher sind, als die aus sonstigen längeren Beobachtungen abgeleiteten Werte.

Nach einer Richtung sind die Beziehungen zwischen Ruhe- und Arbeitsversuchen verkleinert dadurch, daß die Ruhewerte von den Arbeitswerten abgezogen worden sind, was zur Voraussetzung haben müßte, daß während der Arbeit der ganze Stoffwechsel des Menschen, also auch jener der Muskeln, welche 40 Proz. der Körpergewichte ausmachen, in gleicher Weise weiterbestände, also am zuckenden Muskel noch ein Ruhestoffwechsel sicher vorhanden sei. Wichtiger ist aber noch der Umstand, daß das, was von N. Zuntz Ruhewerte genannt wird (auch seiner Meinung nach), nicht identifiziert werden darf mit dem üblichen Gebrauch des Ausdrucks Ruhe in Tagesversuchen. Niemand kann 24 Stunden jene absolute Muskelruhe bewahren, welche man in 15—20 Min. innehalten kann. Der Grundumsatz von Zuntz

wird für den Menschen zu 65—70 kg/kal pro Stunde (und 70 Kilo) angegeben, während im 24stündigen und selbst 6stündigen Versuche für den Ruhenden 96 kg kal, d. h. um 46 Proz. mehr gefunden wurde. Daher sind die Zahlen für die Leistungen in kg/kal pro Stunde bei Übertragung aus Ergebnissen mit Zugrundelegung anderer Ruhewerte um rund 29 kg/kal zu kürzen; auch die Steigerungen betrugen dann maximal nicht mehr 1000 Proz., Zeile 3, sondern 687 usw.

Die Arbeit des mittleren kräftigen Arbeiters ist auf 200 000 kg/m anzunehmen (Vierordt, Lehrb. d. Physiol., S. 79); für schwächlichere dürfte schon 15 000 kg pro Stunde bei 10stündiger Arbeitszeit nach der Erfahrung vom Verfasser eine reichliche Leistung darstellen (s. auch bei Magnus-Levy, Physiol. d. Stoffwechsels, S. 247) erster Wert = 470 kg/kal, letzterer rund 350 kg/kal. Die verbrauchte Kalorienmenge der Nahrung müßte zum mindesten das 3fache des reinen Arbeitsäquivalentes betragen.

Die Arbeit von Menschen, welche keine eigentliche mechanische Berufsarbeit zu leisten haben, also auch nur wenig gehen, schätze ich auf 38 000 m/kg (89 kg/kal) pro Tag.

Alle Angaben über den Energieaufwand für die Arbeit unterliegen noch einer fundamentalen Schwierigkeit, die darin besteht, daß der Trainierte, wie man aus Erfahrung weiß und wie auch durch Versuche von Gruber und Bürgi u. a. gezeigt worden ist, viel weniger Energie umsetzt als der Neuling.

Beim Trainierten findet allemal ein Ausschluß aller unnötigen Mitbewegungen entbehrlicher Muskelgruppen statt, die dem Zweck am besten angepaßten Muskelgruppen arbeiten für sich. Diese Muskelgruppen hypertrophieren, die gewerbsmäßig gebrauchten Muskeln werden stärker, dadurch kann besonders leicht die Berufsarbeit geleistet werden. Ferner kommt in der Muskelleistung sehr viel auf die richtige Verteilung von Arbeits- und Ruhepausen an, wodurch auch die Leistungsfähigkeit geändert werden kann; die Akkommodation der Respirations- und Herzarbeit muß gleichfalls die Frische zur Arbeit oder andererseits die Ermüdbarkeit beeinflussen. Endlich kommt der Grad der Anstrengung, wie aus den oben zitierten Versuchen Ficks sich ergibt, auch noch in Betracht; gestattet das Verhältnis von Arbeit zu Muskelmasse eine hohe Anstrengung des Muskels, so wird der Nutzeffekt größer.

Wolpert (Arch. f. Hyg. XXVI, S. 32) hat gewerbliche Arbeiter sowohl im Ruhezustande, d. h. sitzend und lesend, und am Tage während ihrer spezifischen Berufsarbeit untersucht und folgende Unterschiede gefunden.

	Mehr an CO_2 als in der Ruhe
Handnäherin	+ 13 Proz.
Schreiber	+ 17 „
Lithograph	+ 20 „
Schneider	+ 22 „
Maschinennäherin	+ 37 „
Mechaniker	+ 44 „
Schuhmacher	+ 47 „

Die gewerbliche Arbeit bringt also keine so große Mehraufwendung an Energie zustande, als man meinen konnte; es handelt sich hier um weitentwickelte Trainierung des ganzen Körpers.

Bei sportlichen Leistungen werden ganz außerordentlich große Mengen von Energie umgesetzt. In einem Dauermarsch von 27 Stunden wurde die

Wegstrecke von 202 km zurückgelegt, was nach Caspari (Pflügers Arch. 1905, Bd. 109, S. 570) 11000 Kal. pro 24 Stunden an Energieumsatz ausmacht. Das sind Leistungen, welche alsbald zum Zusammenbruch des Organismus führen müßten, da allein schon die Nahrungsversorgung Schwierigkeiten begegnen wird, und die Reservestoffe, namentlich das Glykogen, bald aufgebraucht sein werden. Was die Arbeit der Muskeln im engeren Sinne anlangt, so braucht sie in den extremsten Fällen der Sportleistung die regelmäßige Leistung des Herzmuskels, des besttrainierten Muskels, wohl nur wenig zu überschreiten.

Wärmeeinflüsse.

Der Einfluß der umgebenden thermischen Zustände auf den Kraftwechsel ist ein sehr bedeutender; die thermischen Zustände können sehr mannigfacher Art sein; sie werden eingehend in dem Abschnitt „Wärme“ behandelt werden. Die Wege des Wärmeverlustes sind: a) Abgabe durch Leitung, abhängig von der Gestalt des Körpers, der Temperaturdifferenz zwischen Organismus und berührendem Medium (Luft, Wasser, feste Stoffe), abhängig von der spezifischen Wärme und der Masse des mit dem Körper in Berührung kommenden Mediums (Wellenschlag, strömendes Wasser, Wind); b) Abgabe durch Strahlung, abhängig von der Emissionskonstante der Körperoberfläche und von der 4. Potenz der absoluten Temperatur des ausstrahlenden und bestrahlten Körpers. Der Wärmeverlust W ist, wenn A eine Konstante proportional dem Werte $W = K \cdot T^4 - t^4$, bei Besonnung findet starker Wärmezustrom statt. Gewöhnlich berücksichtigen die Experimentatoren nur die Angaben eines frei aufgehängten Thermometers, auch in geschlossenen Räumen ist damit ein Maß der Wärmeabgabe nicht gegeben, da das Thermometer nur die Temperatur benachbarter Luftschichten angibt, während die Temperaturen der Wände usw., welche für die Strahlungsintensität maßgebend sind und sehr erheblich von der Lufttemperatur different sein können, gar nicht berücksichtigt werden, ebensowenig die nicht unerheblichen Differenzen der Luftbewegung; c) die dritte große Quelle des Wärmeverlustes kann die Variation der Luftfeuchtigkeit werden.

1 kg Wasser bindet an Wärme bei der Verdunstung

bei 0 gr . . .	606 kg/kal	bei 30 gr . . .	586 kg/kal
„ 10 „ . . .	599 „	„ 40 „ . . .	579 „
„ 20 „ . . .	593 „		

Da die vom Menschen aufgenommenen Flüssigkeiten meist erheblich niedriger als das Blut temperiert sind, so käme noch ein Wärmeanteil für die Erhöhung auf Bluttemperatur hinzu, so daß man rund 1 kg verdunstendes Wasser mit 600 kg/kal in Rechnung stellen kann.

Im Durchschnitt kann man folgende Bilanz des Wärmeverlustes für den Menschen in leichter Kleidung bei 20° und mittlerer Luftfeuchtigkeit aufstellen (Rubner, Arch. f. Hg. 1896, Bd. 27, S. 69).

	Verluste absolut	Verluste in Proz.
durch Atmung	35	1,29
„ Arbeit	51	1,88
„ Erwärmung der Kost .	42	1,55
„ Wasserverdunstung . .	558	20,66
„ Leitung	833	30,85
„ Strahlung	1181	43,74

Es ist zunächst die wichtige Frage zu erörtern, wie die äußeren Schwankungen thermischer Zustände tatsächlich auf den Organismus einwirken und durch welche Mittel die gleiche Bluttemperatur erhalten bleibt. Man nennt diese Vorgänge die Wärmeregulation. Da die Wärmeproduktion des Organismus selbst keine konstante sein kann, da ja verschiedene schon erörterte Umstände eine Mehrung hervorrufen, so wird die Wärmeregulation ebensosehr von äußeren Umständen wie von inneren Zuständen des Organismus beherrscht sein. Wir werden beide Wirkungen zu beachten haben, und werden die durch äußere thermische Umstände erzeugten Veränderungen des Kraftwechsels vorausschicken, und dann die Komplikationen schildern welche durch eine Variation der Wärmebildung aus inneren Gründen entstehen. Daß der Organismus der Warmblüter und des Menschen nur bestimmten regulatorischen Einrichtungen seine gleichbleibende Blutwärme verdankt, ist selbstverständlich ein uraltes Axiom, man hat auch bekanntlich die Respiration in der Lunge als ein solches Mittel der Erhaltung der Eigenwärme und zur Dämpfung der „inneren“ Wärme angesehen und zwar bis auf John Mayow bzw. bis zu Lavoisier. Anlaß zu einer solchen Anschauung bot wohl die Beobachtung der Polypnöe bei Tieren, wie sie bei Einwirkung der Sonne, wie der Wärme überhaupt entsteht. Ebenso hat man schon Mitte des vorigen Jahrhunderts die wärmeregulatorischen Vorgänge auf Grund rein physikalischer Vorstellungen und anderer gelegentlicher Beobachtungen a priori als gegeben angenommen. Aber erst seit den 60er und 70er Jahren ist das methodische Studium der Einwirkung von Kälte und Wärme aufgenommen worden.

C. Voit, Carl Theodor, Pflüger, Colasanti usw. haben zuerst genau nachgewiesen, daß beim Warmblüter eine Regulation der Wärmebildung in dem Sinne besteht, daß bei niedriger Temperatur mehr Wärme gebildet wird, wie bei hoher Temperatur. Wir wollen diese Art von Regulation, bei der der Stoffwechsel geändert wird, die chemische Wärmeregulation nennen. Geeignete Versuche lassen sich nur beim hungernden Organismus anstellen.

Die Wärmeregulation gewann erhöhte Bedeutung durch die energetische Auffassung der Ernährungslehre überhaupt. Verfasser hat zuerst gezeigt, daß die chemische Regulation keineswegs allein das Wärmegleichgewicht vermittelt, sondern daß noch eine wichtige zweite Art der Regulation besteht, bei welcher trotz Schwankung der einwirkenden äußeren thermischen Verhältnisse die Wärmeproduktion nicht geändert wird, die Bluttemperatur trotzdem dieselbe bleibt und das thermische Gleichgewicht hergestellt wird, in dem die Bedingungen der Wärmeabgabe sich ändern; man nennt diese, bei höherer Temperatur zumeist vorhandene Form der Wärmeregulation die physikalische.

Geht man von niedriger Temperatur in die Höhe, so erreicht man schließlich ein Stadium, wo die chemische Regulation in die physikalische übergeht, darauf folgt Hyperthermie der Tiere und erneutes Ansteigen der Wärmebildung unter Zunahme der Eigentemperatur.

Der Temperaturpunkt, an welchem die physikalische Regulation einsetzt, ist beim hungernden Tiere individuell ganz verschieden, es hängt diese Grenze von zwei Momenten ab, vom Fettreichtum und der Behaarung des Tieres, von der Größe und Art der Ernährung und der Arbeits-

leistung (s. Rubner, G. d. E.-V., S. 136—138*)). Je mehr diese Momente hervortreten, um so tiefer steht der Wendepunkt zwischen beiden Formen der Regulation.

Beim Meerschweinchen (kurzhaarig) wurde im Hungerzustand und bei Ruhe beobachtet (Rubner, Biol. Gesetze, Marburg 1887, S. 14):

Temperatur der Versuchsglocke	Körpertemperatur	CO_2 pro Stunde und Kilo
0	38,7	4,500
10	38,6	3,433
20	38,6	2,283
30	38,7	1,778
35	39,2	2,266 (Hyperthermie).

Hier beschränkt sich die physikalische Regulation wahrscheinlich nur auf wenige Temperaturgrade, zwischen 30 und 35⁰. Anders liegt die Sache bei einem kleinen kurzhaarigen Hunde (Tagesversuche).

Temperatur	Wärmebildung pro Tag kg/kal	Wasserverdunst. in Kal.	Strahlung und Leitung
7,6	83,5	11,8	71,7
15,0	63,0	14,0	49,0
20	53,5	16,2	37,3
25	54,2	16,9	37,3
30	56,2	26,2	30,0
35	68,7	42,8	25,9 (Hyperthermie).

In diesem Falle reicht das Gebiet der physikalischen Regulation etwa von 20⁰—30⁰. Das Wärmegleichgewicht wird erhalten: a) zwischen 20—25⁰, wesentlich durch Blutzufuhr nach der Haut, wodurch trotz Steigens der Lufttemperatur und ohne Zuhilfenahme der Wasserverdunstung eine genügende Wärmeabgabe hergestellt wird. Bei 30⁰ übernimmt der Wasserdampf das Entwärmungsbedürfnis; bei 35⁰ versagt die Regulation überhaupt. Ein Hilfsmittel der Regulation besteht auch noch darin, daß manche Tiere bei sehr hoher Temperatur sich bemühen, durch Ausstrecken der Extremitäten in Seiten- und Rückenlage ihre abkühlende Fläche zu vermehren. Die Größe dieses Einflusses ist vom Verfasser direkt bestimmt worden.

Der Haarreichtum der Tiere wechselt im Sommer und Winter, und dadurch werden die Wirkungen von Kälte und Wärme zu verschiedenen Jahreszeiten reguliert. Ein Beispiel dieser Wirkung mögen folgende Experimente an einem Hunde geben, der bei normaler Behaarung und geschoren untersucht wurde (Rubner, Arch. f. Hyg., IX, S. 55, 1889).

	Kal. pro 1 kg u. 24 Stunden:		
Temperatur	Normalbedeckung	wenig geschoren	ganz geschoren
20	55,9	58,2	82,3
25	54,2	61,8	61,2
30	56,2	—	52,0
35	—	68,7 (Hyperthermie).	

Auch Laulanié hat später ähnliche Angaben gemacht.

*) Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung. Deuticke, Wien 1902.

Die chemische Wärmeregulierung kann bei mageren Tieren schon bei 32° Luftwärme einsetzen, die Wärmebildung nimmt dann gesetzmäßig mit sinkender Temperatur zu und zwar kann man selbst Differenzen von 1° Wärme durch das Experiment nachweisen.

Selbst geringe, insensible Luftströmungen sind schon imstande, einen merklichen Einfluß unter Steigern der Wärmeproduktion auszuüben (Rubner, Arch. f. Hyg. L, S. 296).

Viele Tiere ertragen selbst Kältegrade bis 0° tagelang in absoluter Ruhe. Wenn daher von Magnus-Levy, Löwy, Zuntz, Tigerstedt u. a. der Gedanke ausgesprochen worden ist, die chemische Regulation bestände in Frost- und Zitterbewegungen, so widerspricht dies einmal der direkten Beobachtung, dann aber auch müßte man annehmen, daß Tiere, die bereits bei 32° chemisch regulieren, in unserem Klima aber nur niedrigere Temperaturen vorfinden, lebenslänglich und selbst in den Sommermonaten durch Zitterbewegungen ihre Regulation erreichen (s. hierzu Rubner, Arch. f. Hyg. XXXVIII, S. 127).

Die durch die chemische Regulation erzeugte Veränderung der Wärmebildung können sich verhalten wie 100:253, z. B. bei Meerschweinchen (G. d. E.-V., S. 134) in vollen Tagesversuchen, beim Hund für ein kleineres Intervall 100:196, ohne daß die Tiere auch nur irgendeine Bewegung, außer ihre Atembewegungen zeigen, sonst aber ruhig auf dem Platze liegen bleiben.

Die Anhänger der „Zitterhypothese" übersehen, um welch große Differenzen es sich handelt. Die in meinen Experimenten durch Kältewirkung gefundenen Zuwüchse entsprechen etwa jenen Differenzen, welche Atwater bei der stärksten Muskelarbeit gesehen hat, die er direkt untersucht hat, bei 232000 m/kg täglicher Arbeit war der Umsatz von 100 auf 217! gestiegen. Glaubt man wirklich, daß einem Beobachter eine 8—10stündige Arbeit solcher Größe einfach entgehen kann! oder daß unsichtbare Muskelbewegungen einer 8—10stündigen schweren Arbeit gleichzusetzen seien?

Die chemische Regulation muß also wohl auf nervöse Einflüsse auf den Stoffumsatz zurückgeführt werden, wobei es zu eigentlichen Muskelbewegungen nicht zu kommen braucht.

Ein rein nervöser Einfluß, der durch die Haut vermittelt wird, ist die Polypnöe bei Hunden; wenn man sie ganz kurze Zeit an die Sonne bringt, beginnt sofort die Atmungszahl zuzunehmen, auch ohne daß irgendeine Erhöhung der Eigenwärme einzutreten braucht (s. Richet, Dictionn. de physiologie III, 176 ff.).

Ein besonderes Interesse nehmen die Verhältnisse des Menschen in Anspruch, man hat aber sehr häufig die den Menschen zukommenden eigenartigen Bedingungen nicht genügend gewürdigt und ist dadurch auf falsche Bahnen geführt worden.

Die ersten Versuche, welche durch mehrstündige Durchführung und Sorgfalt wichtige Resultate gegeben haben, rühren von C. v. Voit her. In meinem Laboratorium wurden später die Versuche, unter Innehaltung wichtiger, in der Zwischenzeit erkannter Kautelen und in großer Zahl von Wolpert am leicht bekleideten Manne (sitzend), bei bekannten Bekleidungsverhältnissen, geregelter Nahrung und genauester Regelung der Temperatur und Feuchtigkeit wiederholt. Unsere Ergebnisse stimmen mit denen von C. Voit vollkommen überein. Die Resultate zeigen von 10—15° ab nur physikalische

Regulation, von da nach abwärts Zunahme des Energieumsatzes in einer Größe, wie sie etwa den bei chemischer Regulation des Hundes gegebenen Zahlenverhältnissen entspricht. Eine große Anzahl von Experimenten wurden unter dem Einflusse des Windes angestellt, der bekanntlich bei kühler Temperatur die Wärmeentziehung fördert (s. Wolpert, Arch. f. Hyg. XXXIII, S. 206).

Nachfolgende Tabelle enthält das gesamte Ergebnis in Mittelzahlen aus mehreren Experimenten.

Kohlensäure und Wasserdampf bei einem Manne (58 kg):

Bei mittlerer Feuchtigkeit Gramm pro Stunde.

Temperatur	Windstille		Wind 1 m p. 1″		Wind 8 m p. 1″		Wind 16 m p. 1″		Versuche C. Voits CO_2-Ausscheidung, Windstille
	CO_2	H_2O							
2	29,8	37	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	35,1
6	—	—	—	—	—	—	—	—	34,3
9	—	—	—	—	—	—	—	—	32,0
10—15	25,1	28	28,3	32	30,0	30	—	—	26,1
15—20	24,1	19	—	—	30,1	22	—	—	—
20—25	25,0	23	—	—	28,0	22	—	—	—
25—30	25,3	43	22,2	56	24,4	23	—	—	27,3
30—35	23,7	84	—	—	21,6	51	22,4	57	28,4
35—40	21,2	112	22,2	109	22,1	156	25,3	255	—

Die Wirkung abkühlender Momente auf den Energieumsatz tritt demnach ganz unzweifelhaft zutage, sowohl was die Temperaturabfälle selbst, als die Steigerung des Wärmeverlustes durch vermehrte Wärmeentziehung bei Wind anlangt. Im letzten Falle, z. B. bei 8-m-Wind, steigt die CO_2-Ausscheidung schon innerhalb eines kleineren Temperaturintervalles auf das Maximum und die breite Zone gleichmäßiger Kohlensäureausscheidung, wie bei Windstille (zwischen 10—15° bis 24—30°) ist nicht mehr ausgeprägt. Denken wir uns noch stärkeren Wind als wirksam oder die Wirkung eines anderen stark wärmeentziehenden Mediums, wie Wasser (das bis 11mal so stark Wärme entzieht wie Luft gleicher Temperatur) so wird noch ein kleineres Intervall genügen, um das Maximum der CO_2-Ausscheidung zu erreichen. Es ist anzunehmen, daß der Mensch eine stärkere Abkühlung, als sie in vorstehendem Versuche zum Ausdruck kommt, ohne starkes Sinken seiner Körpertemperatur (mit Sinken des Kraftwechsels) nicht erträgt.

Die Art der Regulation ist aus den Versuchen klar zu ersehen. Innerhalb des Gebietes der chemischen Regulation steigt der Wärmeverlust durch Strahlung und Leitung, und die Wasserverdunstung nimmt im bescheidenen Maße zu, weniger wegen der Vermehrung des Atemvolumens, als wegen der Abnahme des absoluten Wasserdampfgehaltes der Luft. Je kälter die Luft, um so weniger enthält sie bei gleicher relativer Feuchtigkeit an Wasser, aus der Lunge aber tritt sie jederzeit gesättigt aus (s. später). Innerhalb der Periode gleichbleibenden Kraftwechsels (bei Windstille 10°—30°), kann nur der Blutreichtum der Haut die verschiedenen Bedürfnisse der Entwärmung ver-

mitteln. Zwar variiert ja auch die Wärmeabgabe durch Verdunstung, aber immerhin nur in beschränktem Maße.

Deutlich hebt sich nun eine dritte Periode ab, in der die Wasserverdunstung (! ohne Schweißbildung) rasch steigt, und schließlich (35—40 °) die ganze erzeugte Wärme allein deckt. (Kraftwechsel = 63,6, Wärmewert der Verdunstung 67,2 kg/kal). Es besteht ohne alle Inanspruchnahme von Leitung und Strahlung — Wärmegleichgewicht.

Ich bemerke, daß diese Verhältnisse nur für den leichtbekleideten und mageren Menschen gelten; daß fette Personen aber bei solch hoher Temperatur meist ausgeprägte Hyperthermie aufweisen (G. d. E.-V., S. 208). Das Wärmegefühl ist meist in der 2. Periode, namentlich bei höheren Wärmegraden drückender, als nach Ausbruch der starken Wasserverdunstung in Periode 3.

Die Atmung ist dabei immer rascher, wenn auch vielleicht etwas oberflächlicher als sonst; eine Art von Bangigkeitsgefühl am ausgegeprägtesten bei feuchter Luft pflegt aufzutreten. Mit der starken Wasserverdunstung verfliegt mit einem Male diese Unbequemlichkeit. Wenn Personen nicht des Versuches wegen sich stille halten müssen, machen sie sich in der Regel Bewegungen und dann bricht mit einem Male die Schweißsekretion aus.

In dieser 3. Periode mit Wasserverdunstung sinkt die Kohlensäureausscheidung, ein Vorgang, für den wir bei den Tieren kein Analogon sehen. Dies ist aber begreiflich, weil bei den Tieren, soweit wir sie zu Experimenten benutzen, proportional der Wärme die Atmung zunimmt, und eine Änderung der Art der Wärmeabgabe nicht eintritt. Die Polypnöe steigert sich immer mehr, bis schließlich die Grenze der Hyperthermie erreicht ist.

Das Sinken der Kohlensäureausscheidung beim Menschen ist um so beachtenswerter, als wir einen Einfluß kennen, der gerade das Gegenteil hätte erwarten lassen.

Der Mensch gibt das Wasser hauptsächlich aus der Haut ab. Wird beim Menschen der Schweiß sehr profus, so beobachtet man (s. später) eine starke Steigerung der Kohlensäureausscheidung aus der Haut, die nicht einfach abgedunstete Kohlensäure darstellen kann, sondern mit der Sekretionstätigkeit zusammenhängen muß. Diese Menge kann 1,3 g CO_2 pro Stunde, wohl auch mehr betragen. Bei starkem Wind wird die Wasserverdunstung so enorm gesteigert, daß sie doppelt so viel Wärme binden kann, als überhaupt erzeugt wird (Produktion 75,6 kg/kal, Verdunstung 153 kg/kal!); unter diesem Einfluß (siehe Windstärke 16 m per 1″) verhält sich der Mensch gerade so, als wenn er auf niedrige Temperatur gebracht worden wäre, die Haut ist kalt. Starker Wind regt also die Schweißdrüsen bei hoher Lufttemperatur zu besonders intensiver Tätigkeit an. Man sieht also, daß Eigenheiten der menschlichen Wärmeregulation gerade erst bei hoher Temperatur charakteristisch zutage treten.

Die Wärmeregulationserscheinungen sind offenbar viel verwickelter, als man gemeinhin angenommen hat. Ich will versuchen, noch auf einige nicht unwichtige Erscheinungen hinzuweisen.

Um die thermischen Verhältnisse besser zu verstehen, wird es sich empfehlen, die Temperaturverhältnisse der Körperoberfläche und der Haut selbst einer kurzen Beachtung zu unterziehen.

Bei einem Manne waren bei mittlerer Bekleidung, d. h. einer etwas reichlicheren, als sie in den vorstehenden Versuchen angewandt worden war, folgende Temperaturen gemessen worden (Rubner, Arch. f. Hyg. XXIII, S. 31):

Luft-temperatur	Oberfläche der Kleidung	Nackte Stellen	Haut unter der Kleidung	Differenz zwischen Luft und Kleidungs-oberfläche	Differenz zwischen Luft und nackte Stellen	Differenz zwischen Luft und Blut-temperatur	Diff. zwisch. Hauttemp. unt. d. Kleid. u. Kleidungs-oberfläche
10°	19,3	29,0	32,2	9,3	19,0	27,5	12,9
15°	21,0	29,2	32,0	6,0	14,2	22,5	11,0
17,5°	22,9	30,0	32,0	5,4	12,5	20,0	9,0
25,6°	27,1	31,7	33,0	1,5	6,1	11,9	5,9
32°	—	—	35,4	—	—	5,1	2,0

Bei zunehmender Temperatur der Luft nimmt die Differenz zwischen der Temperatur der Oberfläche bekleideter Teile und der Luft allmählich ab, und war schon bei 26° gering geworden, die nackten Teile dagegen erwärmen sich langsamer und übernehmen für die durch die Kleidung gegebene Behinderung des Wärmeverlustes zum Teil den Wärmeausgleich (s. Differenz zwischen Luft und nackten Stellen).

Je dichter die Kleidung, um so eher versagt bei hoher Temperatur der Wärmeausgleich zwischen Haut und Luft. — Mit zunehmender Lufttemperatur fällt die relative Temperaturdifferenz zwischen ersterer und Kleidungstemperatur sehr gleichmäßig (rund 6—7 Proz. pro 1°), was einer analogen Verminderung von Strahlung und Leitung entspricht. Analoges kann man bei direkter Untersuchung (kalorimetrisch) der Wärmeabgabe des menschlichen Armes sehen.

Temperatur der Luft	Unbekleideter Arm	Bekleideter Arm
6,6	14,27 kg/kal p. Stunde	10,69 kg/kal p. Stunde,
10,6	12,84 „ „ „	8,64 „ „ „
15,8	11,05 „ „ „	7,69 „ „ „
20,8	7,79 „ „ „	5,59 „ „ „
29,8	4,92 „ „ „	4,23 „ „ „

(Arch. f. Hyg. IX, S. 80). Hier nimmt pro 1° Luftzunahme die Wärmeabgabe um 2,6—4,8 Proz. ab. —

Die unbedeckten Stellen des Körpers können einen sehr erheblichen Einfluß auf die Wärmeabgabe gewinnen. Die Oberflächen der nackten Stellen verhalten sich zu den bekleideten wie 1:4, für den Wärmeverlust bei tiefer Temperatur kommen hauptsächlich die bekleideten Stellen als ausschlaggebend in Betracht, von 10° ab mag die Wirksamkeit beider sich die Wage halten, bei sehr hoher Temperatur (über 30°, s. Tabelle über die Temperaturverhältnisse) ist die Entwärmungsleistung durch die nackten Stellen der gesamten bekleideten Oberfläche überlegen.

In der Zone der chemischen Wärmeregulation liegt zweifellos ein starkes Absinken der Hauttemperatur auch unter der Kleidung vor. In der Zone gleichbleibender Kohlensäureausscheidung innerhalb der üblichen Behaglichkeitsgrenze, weist die Haut etwa die Temperatur 32° auf, mit dem Gefühl hochwarmer Luft steigt die Temperatur bis gegen 35°, und auch etwas höher. Bei ungehinderter Wasserverdunstung erreicht sie meist nur 36°, sie kann bei durch Wind vermehrter Verdunstung wieder unter diese Grenze heruntergehen. Sie steigt aber weiter bei feuchter Luft.

Die maximalste Blutfülle der Haut und deren höchste Temperatur fällt mit dem Abfall der Gesamtkohlensäurebildung bei sehr hohen Lufttempe-

raturen zusammen; man könnte daher wohl vermuten, daß hier auch ein kausaler Zusammenhang besteht.

Die Regulation in ihren verschiedenen Gestalten, wird also von verschiedener Blutfülle der Haut, besonders auch der unter der Kleidung gelegenen begleitet, somit sind die experimentell nachweisbaren Wirkungen auf den Energieumsatz die Folgen einer ganzen Reihe von Einzelvorgängen.

Wenn man thermische Behaglichkeit verspürt, so liegt die Temperatur bekleideter Stellen zwischen 32—33°, doch kommen sicher sehr viele individuelle Gewöhnungsvarianten vor (s. auch Kißkalt, Arch. f. Hyg. LXX, 1909, S. 17). Die Klagen über Kälte werden nicht immer erst bei Sinken der Temperatur der bekleideteten Haut, sondern schon wegen des Sinkens der Temperatur der unbekleideten Teile erhoben.

Die niedere Temperatur der Oberfläche grenzt natürlich nicht unmittelbar an blutwarme Schichten. Es ist schon lange bekannt, daß man im Unterhautzellgewebe geringere Temperaturen findet, als sie der Blutwärme entsprechen; wieweit beim Menschen solche Erniedrigungen der Temperatur in die Tiefe reichen, ist nicht bekannt. Da man die Teile des Körpers in solche scheiden kann, die selbständig in der Lage sind, genügend Wärme zu produzieren, um die Wärmeversorgung der Oberfläche dauernd durchzuführen, und in solche, die wegen ihrer relativ großen Oberfläche und geringer Masse dazu nicht in allen Fällen befähigt sind (Arme, Beine, Ohren usw.), vielmehr von dem Wärmeüberschuß des Rumpfes mit versorgt werden, so kann sich das Eindringen der Kälte auch ungleich gestalten (frühzeitiges Frieren an Händen und Füßen). Beim Schwein haben Henriques und Hansen (Skand. Arch. XI, 1900, S. 161) durch Thermoelemente (Lufttemperatur ist nicht angeführt) direkt gemessen:

1 cm unter der Haut	33,7°
2 „ „ „ „	34,8°
3 „ „ „ „	37,0°
4 „ „ „ „	39,0°
Rektum „ „ „	39,9°

woraus folgt, daß eine erhebliche Masse des Körpers subnormal temperiert sein kann.

Die Beobachtungen über die Wärmeregulation werden also dann, wenn solche starke allgemeine Erniedrigungen der Haut- und Subkutantemperatur auftreten, durch diese Verminderung des Kraftwechsels in den kühleren Partien kompliziert, wobei man für 1° Temperaturerniedrigung der Zellen eine Verminderung der Wärmebildung um mindestens 7 Proz. annehmen kann. Nun ist ja die Unterhaut arm an Zellmasse und reich an Fett, immerhin ist zu bedenken, daß beim Menschen, wenn wir rund 2 qm Oberfläche annehmen, die Schicht von 1 cm Dicke 20 kg wiegen würde, sich also doch ein merklicher Einfluß auf die Verringerung der Wärmebildung ausbilden müßte und wo er nicht auftritt, sogar eine Kompensation vorhanden sein kann durch Mehrenergieumsatz an anderen Stellen. Wir müssen die Entscheidung besonderen Versuchen vorbehalten.

Die überreiche Fülle von Blut in der Haut bei hoher Lufttemperatur vermag, weil sie über die Grenzen des Bedarfs in den erwärmten Zellen der Kutis hinausgeht, dort nur eine beschränkte Steigerung der Umsetzungen herbeizuführen, durch den Blutmangel der inneren Organe aber deren funktionelle Höchstleistungen mindern.

Die Versuche am Menschen sind noch in einem wichtigen Punkte von denen an Tieren abweichend, durch die Körperstellung. Die gebräuchlichen Versuchstiere, besonders die Hunde, nehmen (nur dann erhält man gleichmäßige Resultate) bei Kälte eine Stellung ein, bei der sie die Beine unterschlagen und ihre Oberfläche verkleinern; so kann man sie, außer bei den höchsten Temperaturen, den ganzen Tag über liegend finden. Es ist aber bekannt, daß Tiere, welche aufgebunden sind, leicht an Körpertemperatur verlieren. Bringt man Hunde in einem weitmaschigen Netz in eine Lage, daß die Luft an alle Teile ihrer Oberfläche frei herantreten kann, so steigt der Wärmeverlust um fast ein Drittel (Rubner, G. d. E.-V., S. 184). Da die Menschen in den hier aufgeführten Fällen auf einem Stuhl saßen, so war diese Stellung zweifellos günstig für die Wärmeabgabe, und es ist wohl begreiflich, daß Temperaturen von 2°—4° die tiefsten Punkte darstellen, denen auch eine regulatorische Tätigkeit gewachsen ist.

Manche Naturvölker leben fast ganz ohne Bekleidung und schützen sich nur gelegentlich gegen die Unbilden der Witterung durch ihre Behausung oder mehr dem Wind- und Regenschutz dienende primitive Körperbedeckungen. Es hat daher Interesse, auch die Regulationsverhältnisse am Nackten kennen zu lernen (s. Rubner, Ges. d. E-.V., S. 222). Ich schicke die Betrachtung der Hauttemperaturen voraus. Kißkalt hat im Laboratorium des Verfassers an zwei Personen Bestimmungen der Hauttemperatur ausgeführt (Arch. f. Hyg. 1909, LXX, S. 17). Aus den im Original nachzusehenden Daten wurden durch Interpolation folgende Werte gefunden (vgl. nachstehende Tabelle).

Luft-temperatur	bei Wind-stille	Differenz zwischen Haut und Luft	Bei Wind beträgt die Temperaturerniedrigung folgende Grade
18°	29,7°	11,7°	7,4°
20°	30,0°	10,0°	5,5°
25°	31,9°	6,9°	—
27°	32,7°	5,7°	2,5°
30°	33,5°	3,5°	—
32°	34,5°	2,5°	—
34°	35,0°	1,0°	0,6°
36°	35,5°	—0,5°	—
38°	36,0°	—2,0°	—

Bei 36° Luftwärme wird also keine Wärme auf dem Wege von Leitung und Strahlung mehr abgegeben, sondern Wärme von außen sogar noch aufgenommen. Bei 12° Luftwärme sinkt die Hautwärme auf 27—28°. Intensives Frostgefühl entsteht schon bei 28,6° Hautwärme (an den früher bekleideten Stellen). Temperaturen der Luft von 23—26° werden im nackten Zustande und bei längerer Dauer etwa so empfunden, wie 12—13° bei leichter Kleidung.

Bei Wind sinkt die Hauttemperatur (bei 4,4 m pro Sekunde) sehr erheblich und erreicht an den direkt getroffenen Stellen bei 18° Lufttemperatur 22°, an den vom Wind abgewandten Stellen, die ja von diesem auch durch Umfließen des Körpers getroffen werden. ist die Wirkung klein. Die Indifferenzgrenze des Windes, die Grenze der Wirkungslosigkeit liegt etwa bei 34°.

Die Hauttemperatur des Nackten überschreitet, solange die Wasserverdunstung glatt vor sich geht, bis 38° Lufttemperatur die Grenze von 36° nicht, wohl aber dann, wenn die Feuchtigkeit zunimmt.

Versuche über die Ausscheidung der Kohlensäure und des Wasserdampfes wurden an einer Person vorgenommen, die weniger kältefest war wie die beiden zu den Experimenten über die Hauttemperatur verwendeten. Die niedrigste angewandte Lufttemperatur war 23,7°. Die in ( ) gesetzten Zahlen geben die Hauttemperaturen, welche als Mittel den oben angegebenen Experimenten entlehnt sind.

Temp.	CO_2 pro Stunde in gr	H_2O pro Stunde in gr	Hauttemperatur
23,7°	23,8	29	(31,5°)
25,6°	24,4	37	(32,0°)
26,3°	24,6	31	(32,1°)
27,3°	25,7	51	(32,4°)
33,2°	28,5	108	(34,9°)
34,7°	25,8	108	(35,2°)

Innerhalb des Temperaturgebietes von 11° war also ein Einfluß der Lufttemperatur auf den Kraftwechsel in mehreren Stunden nicht nachzuweisen. Die Versuchsperson gehörte zweifellos nicht zu den sehr abgehärteten, da von manchen weit niedrigere Temperaturen ertragen werden. Der thermische Behaglichkeitspunkt war 27°, darunter war gelegentlich Kälte empfunden worden und einigemal am Ende des Versuchs vorübergehend leichtes Zittern vorhanden — ohne daß sich irgendein Einfluß auf die CO_2-Ausscheidung zeigte. Bei 20° erreicht die Hauttemperatur des Nackten etwa 31,8° oder etwas weniger. Niederere Temperaturen als 23° weigerte sich die Versuchsperson auszuhalten. Da 23—26° nackt rund 12—13° leicht bekleidet an Frostgefühl entsprechen, so liegt die Temperatur, bei der man beim Nackten ein Steigen der Kohlensäure durch die Kälte hätte erwarten können, noch tiefer. Bei 23° sank einmal zwar die Bluttemperatur etwas, erholte sich aber im Verlauf der betreffenden Experimente.

Der Grenzpunkt der Temperatur, bei dem die bekleideten Menschen von Kälteempfindung sprechen, intensives Frostgefühl haben, oder zu zittern beginnen, ist sehr variabel und man wird wohl nicht fehl gehen, wenn man eine Breite von 10° Lufttemperatur als Grenze individueller Eigentümlichkeiten verschiedener Personen ansieht. Da stets die Grenze der Behaglichkeit erstrebt wird, heißt dies nichts anderes, als daß die Menschen sich dauernd an verschiedene wärmehaltende Kleidung gewöhnt haben. Wenn man also an beliebigen Versuchspersonen Beobachtungen über den Einfluß der Kälte macht, darf man sich nicht wundern, daß dieselben Temperaturen auf verschiedene Menschen ganz ungleich wirken. Auf diese Beziehungen ist leider vielfach gar nicht Rücksicht genommen worden.

Wenn Löwy (Pflügers Arch. 46, 1890, S. 189) bei der Hälfte der Versuchspersonen in der Kälte eine Zunahme der O-Zehrung findet, bei anderen ein Gleichbleiben, bei wieder anderen eine Verminderung, so scheiden die letzten als durch Versuchsfehler bedingte Beobachtungen ganz aus, die übrigen Schwankungen erklären sich durch die Wirkung ungleicher Bekleidung. Es kommt nicht auf die herrschende Lufttemperatur an, sondern darauf, ob die Kälte wirklich in gleichem Maße auf die bekleideten Haut-

stellen einwirkt, natürlich auch auf die Gewöhnung, die erst durch längere mehrtägige Einstellung erzielt wird. Wie die Kleidung wirkt das Fettpolster.

Die Anpassung an niedere Temperaturen im Einzelexperiment erfolgt nicht plötzlich, zunächst kann von der Haut, besonders wenn sie sehr warm ist, eine bedeutende Menge von Wärme abgegeben werden, ehe ein Wärmegleichgewicht eintritt. Nimmt doch die Hautwärme beim Nackten bei 12⁰ Lufttemperatur auf etwa 29⁰, also für die vorher bekleideten Stellen betrachtet, um 3—4⁰ ab. Als bei einer Versuchsperson die Hauttemperatur auf 22⁰ gesunken war, hatte sie nach Abstellung der winderzeugenden Ventilation in 12 Min. erst 25,6⁰, und in der 20. Minute erst 27⁰ erreicht und stand noch 2,5⁰ unter der Normalen (s. b. Kißkalt, l. c., S. 20). Das Gefühl „wärmer" nimmt man unmittelbar, nachdem der Wind aufgehört hat, wahr.

Es muß eben ein bestimmtes Temperaturgefälle zwischen der Oberfläche und den inneren Teilen (wie sonst bei der Kleidung) sich ausbilden. Johannsson hat Versuche angestellt, bei denen er sich direkt aus dem Bett, nackt einer Lufttemperatur von 12—13⁰ während ½—1 Stunde aussetzte, ohne daß, wie der Autor meint, eine Vermehrung der CO_2 aufgetreten sei (s. Skand. Arch. 7, 123, 1897, und ebenda 1904, S. 88, und die kritische Besprechung Ges. d. E.-V. S. 218). Es wäre zweifellos von Interesse, Versuche von vielstündiger Dauer auch bei sehr niedriger Temperatur auszuführen.

Auch zur Erklärung der Erhöhung des Kraftwechsels des Menschen bei Einwirkung sehr niedriger Temperaturen hat man die Theorie der Zitterbewegungen in ausgiebigster Weise in Anspruch genommen, aber nur von solchen Beobachtern, die nur kurzdauernde Versuche gemacht haben. Daß bei einem kurzdauernden Experiment einmal die ganze Versuchszeit von solchen Schüttelfrosten eingenommen werden kann, ist natürlich möglich, ebenso, daß eine starke Erhöhung des Kraftwechsels je nach dem Grade eines solchen Frostanfalls gefunden werden kann. Speck hat zuerst darauf verwiesen, seine ad hoc angestellten Experimente sind unter ganz übertriebenen Versuchsbedingungen ausgeführt. Sicher ist, was schon oben erwähnt wurde, daß man in 4—6stündigen Experimenten trotz gelegentlichen leichten Kälteschauern, keine Spur einer Kohlensäuremehrung zu finden braucht (s. Ges. d. E.-V., S. 222). Sie fallen also noch vollkommen ins Gebiet der physikalischen Wärmeregulation. Die Grenzpunkte „Kälteempfindung und Wärmeempfindung" sind der Anstoß zur freiwilligen Regelung unserer Wärmeverhältnisse durch die Kleidung.

Die kräftigste Wärmeentziehung erfolgt durch kühles Wasser. Versuche über die Wirkung von Bädern sind mehrfach kalorimetrisch durchgeführt worden (Liebermeister, Ges. Abhandlungen, S. 251, und Waldemar Kernig, Dissert. Dorpat 1864), aus denen sich folgende Zusammenstellung machen läßt, berechnet pro Stunde:

Badetemperatur	Wärmeproduktion in kg/kal im Bade	Gesamte Wärmeprod. inkl. Atmung	Mehr im Bade gegenüber normal	Kal. im Bade durch Sinken der Körpertemperatur verloren	Wirkliche Mehrerzeug. im Bade in kg/kal
15⁰	480	498	407	81	326
20⁰	370	388	297	57	240
25⁰	240	258	167	34	133
30⁰	150	168	77	12	65
35⁰	80	98	7	0	7

Für die Wärmeabgabe durch Atmung sind 18 kg/kal in Stab 3 addiert; als die normale Wärmeerzeugung eines Mannes von 60 kg sind 91 kg/kal von Stab 3 abgezogen und der Rest in Stab 4 eingetragen worden. Da die Körperwärme etwas gesunken ist um den in Stab 5 erhaltenen Wert, so ist dieser von dem im Badewasser nachweisbaren Wärmezuwachs abzuziehen. Die Versuche ergeben zweifellos eine Mehrbildung von Wärme, die zum Teil sehr erheblich ist und nicht mit den nachfolgenden Ergebnissen von kurzwirkenden Bädern ganz in Einklang zu bringen ist.

Über die Wirkung kurzdauernder Bäder und Duschen, so wie man dieselben etwa täglich zur Körperpflege anwendet, läßt sich für den Erwachsenen (pro Stunde) folgendes mitteilen (Rubner, Arch. f. Hyg. 1900, XLVI, S. 390):

Bäder (Zunahme in Prozenten).

Temperatur	d. geatmeten Luft	der CO_2	des Sauerstoffkonsums	Respirat. Quot.
16	22,9	64,8	46,8	0,80–1,00
30	7,3	31,8	16,2	0,95—0,93
33	1,8	—(1,8)	6,2	0,87—0,90
40	16,1	13,9	13,2	0,86—0,90
44	18,8	32,1	17'3	0,80—1,00

Vergleich eines Vollbades und einer Dusche von 16^0 (Zunahme in Proz.).

	Dusche	Bad
des Atemvolums	54,5	22,9
der CO_2	149.4	64,8
des O-Konsums	110,1	46,8

Die Dusche wirkt also rund doppelt so stark wie ein Vollbad. Die Wirkung ist noch nach einer Stunde nicht völlig verschwunden.

Bei der Temperatur über 33^0 steigt die Bluttemperatur, und unter diesem Einfluß dann auch der Sauerstoffverbrauch. Auch der Eiweißumsatz ist erhöht (Winternitz, Klin. Jahrb. 1899). Bei hoher Temperatur findet im Bade starke Schweißproduktion statt, die festen Bestandteile des Schweißes können durch Eindampfen des Badewassers gewonnen werden. Die Haut quillt und nimmt reichlich Wasser auf und wird dadurch empfindlicher gegen Abkühlung (Spitta, Arch. f. Hyg. XXXVI, S. 45).

Es haben sich also für den Menschen so ausgedehnte Gebiete der chemischen Regulation wie bei manchen Säugern nicht zeigen lassen; das experimentelle Material ist auch noch nicht umfangreich genug, und namentlich mangelt es noch an vollen Tagesversuchen. Immerhin gibt es Fälle, bei denen auch Säugetiere kaum ein größeres Gebiet der chemischen Regulation besitzen, wie die wenigen bis jetzt genauer untersuchten Menschen.

Praktisch macht der Mensch und ohne Zwang sicherlich von keiner anderen Form der Regulation Gebrauch, als von der, die sich der physikalischen Mittel zur Herstellung des Gleichgewichtes bedient.

Soweit der Mensch in der Lage ist, freiwillig über die Mittel des Wärmeschutzes zu disponieren, wird er sich stets auf die physikalische Wärmeregulation einstellen, was, allgemein betrachtet, ein ökonomisches Prinzip darstellt, weil es das Minimum des Stoffverbrauchs darstellt.

Im arbeitenden Zustande können, weil eine überreichliche Produktion an Wärme vorliegt, tiefe Lufttemperaturen nicht nur ertragen werden, sondern sie sind sogar die geeigneteren.

Folgende Werte mögen die Beziehungen zwischen Temperatur und Arbeitsleistung illustrieren (Wolpert, Arch. f. Hyg. Bd. 36, S. 295):

(Mittlere Kleidung, Stündliche Arbeit 15000 kg/m, 70 Kilo Gewicht des Körpers)

Lufttemperatur	Kohlensäure in g per Stunde	Wasserdampf in g per Stunde
25°	78,7	230,0
18,8°	81,2	112,8
17,5°	84,5	90,4
12,7°	78,5	70,8
7,4°	84,0	58,0

Der Kraftwechsel bleibt derselbe auch bei niedriger Temperatur. Die Arbeit wird bequemer bei niedriger Temperatur, weil durch Strahlung und Leitung der Wärmeverlust begünstigt ist, und die Wasserverdunstung nicht in höherem Maße in Anspruch genommen wird. Ein Teil der Wasserverdunstung ist auf vermehrte Lungenatmung zu beziehen.

Um zu zeigen, inwieweit im praktischen Leben der Mensch von den Mitteln der Wärmeregulierung Gebrauch macht, habe ich eine Versuchsperson im Respirationsapparate gelassen und es ihr freigestellt, bei verschiedenen Lufttemperaturen durch Arbeitsleistung oder Kleidung für die thermische Behaglichkeit nach eigenem Empfinden zu sorgen (vgl. nachstehende Tabelle).

(Versuchsperson fett).

Temperatur	Relative Feuchtigkeit in Proz.	CO_2 in g pro Stunde	H_2O in g pro Stunde	Arbeit in m/kg	CO_2 nach Abzug des Arbeits-äquivalents
6,1	35	59,7	51	7425	53,9
7,9	"	42,3	73	940	41,6
19,8	"	36,1	37	0	36,1
34	"	42,0	145	0	42,0

Bei 6,1° arbeitete der etwas träge Mann, um sich warm zu machen, bei 7,9° fror er lieber etwas, als daß er mehr arbeitete, bei 19,8° legte er seinen Rock ab, und bei 34° wurde ihm bei seinem erheblichen Fettreichtum die Wärme zu viel, er legte seine ganze Kleidung ab (G. d. E.-V., S. 226). Wie man sieht, hat sich der Mann auf Grund seines thermischen Empfindens ziemlich richtig eingestellt, nur bei 7,9° arbeitete er etwas zu wenig, da er trotz Arbeit etwas fror. Bei 34° war er an der Grenze der Ertragbarkeit hoher Temperatur, denn derselbe Mann konnte bei 50 Proz. Feuchtigkeit seine Eigentemperatur überhaupt nicht mehr gleich erhalten und diesem Vorkommnis pflegt fast stets schon eine Steigerung der CO_2-Ausscheidung vorauszugehen.

Die Nahrungszufuhr.

Die Rückwirkung der Nahrungszufuhr auf die Respirationsvorgänge ist schon lange behauptet worden, und die Autoren haben sich darunter bald einen mächtigen, bald einen Vorgang von geringerer Bedeutung vorgestellt.

Solange man sich dachte, daß das zugeführte Material auch einen steigernden Einfluß auf den Stoffwechsel haben müsse, wie das Brennholz im Ofen, neigte man aprioristisch zu solchen Vorstellungen. Später ist dann der Gedanke der Darmarbeit aufgetaucht und namentlich von Mering und Zuntz als eine wesentliche Ursache der Steigerung des Sauerstoffverbrauchs nach Mahlzeiten angesehen worden. Im wesentlichen legte man offenbar das Hauptgewicht auf die Darmbewegungen, indem man ähnlich wie bei der Muskelarbeit eine Steigerung des Stoffwechsels vermutete, die auch bei der mechanischen Reizung des Darmes (Knochenfütterung bei Tieren), oder bei medikamentösen Reizungen (Glaubersalz) zum Vorschein kommen. sollte. Begründeter wäre die Anschauung gewesen, die gesamten Vorgänge, die sich bei der Verdauung ergeben, zusammenzufassen, und den Verdauungsapparat im ganzen, also vor allem die großen Drüsen, als die Stelle aufzufassen, durch deren Funktionsänderung eine Mehrung des Kraftwechsels eintreten kann (Drüsenarbeit). Solche Leistungen sind ja bekannt und Veränderungen der Drüsen, auch die Steigerung ihrer Wärmebildung ist erwiesen.

Schon C. Voit (Handb. d. Physiol. v. Hermann, Bd. 6, 1881, S. 209) hat darauf hingewiesen, daß es nicht möglich sei, aus den damaligen Erfahrungen irgendeinen Beweis für nachweisbare Wirkungen der Darmarbeit auf den Stoffwechsel zu erbringen. Wir wollen im nachfolgenden nur von der Wirkung der Nahrungszufuhr auf den Kraftwechel sprechen, und zunächst von der topographischen Frage, woher eventuell solche Wirkungen stammen, vollkommen absehen. Um zu einer verständigen Basis zu gelangen, muß man sich auch über die Beurteilung der quantitativen Wirkung verständigen und auseinanderhalten, ob man die durch die Nahrung bedingte Änderung des Kraftwechsels eines Tages berücksichtigen will, was für die praktische Ernährung in erster Linie steht, oder ob man in kurzen Perioden nach der Mahlzeit die Veränderungen, also den Stoffwechsel oder Kraftwechsel einzelner Tageszeiten, kennen lernen will. Im letzteren Fall könnte in einzelnen Stunden Steigerungen des Kraftwechsels sich ergeben, welche aber, verglichen mit der Tagesbilanz, wenig oder gar nicht in Betracht kommen. Wir werden im folgenden, wo nichts anderes bemerkt wird, die Tagesbilanzen ins Auge fassen.

Verfasser hat zuerst gefunden, daß die nach Nahrungsaufnahme vorkommenden Kraftwechselvorgänge in strengstem Zusammenhange mit den Wärmeregulationsvorgängen stehen (G. d. E.-V., S. 95, 125 usw.). Bei niederen Lufttemperaturen bringt die zureichende Nahrungsaufnahme keine Veränderung des Kraftwechsels (dem Hunger gegenüber) zustande (isodyname Vertretung), eine Zunahme des Kraftwechsels ist aber stets vorhanden, wenn durch Erhöhung der Lufttemperatur ein hungerndes Tier auf das Minimum des Kraftwechsels (Ausschaltung der chemischen Regulation) gebracht wird. Da der Mensch, wie im vorhergehenden Kapitel gezeigt wurde, sich willkürlich auf das Kraftwechselminimum einstellt, kann man bei ihm (bei genügender Größe der Nahrungszufuhr) auch ein Steigen des Kraftwechsels erwarten.

Einige Beispiele solcher ungleicher Wirkungen der Nahrung auf den Kraftwechsel mögen angeführt sein.

Meerschweinchen g CO_2 pro Stunde: (Rubner, Biolog. Gesetze, 1887, S. 27).

Temperatur	hungernd	gefüttert	Differenz in %
0°	4,605	4,681	+ 1,60
30°	1,867	2,551	+ 36,5

Hund (G. d. E.-V. 1902, S. 166)

Temperatur	hungernd	mittlere Menge von Fleisch	Differenz in %
5,3°	121,3 kg/kal	121,9 kg/kal	0
30,6°	61,9 „	81,7 „	+ 31,7

Wenn man einem Tiere bei beliebiger, auch tiefer Temperatur viel mehr Nahrung zuführt, als es zur Erhaltung notwendig hat (= abundante Kost), so kann man immer eine Steigerung des Kraftwechsels sehen. Als Beispiele sei folgende Versuchsreihe am Hund angeführt (G. d. E.-V., S. 166) bei stark überschüssiger Fleischkost:

Temperatur	Hunger	Fütterung	
4,2°	128,0 kg/kal	133,5 kg/kal	+ 5,7 %
30,8°	62,6 „	117,2 „	+ 87,2 %

Aus den Experimenten zeigt sich also der enorme Einfluß der Umgebungstemperatur und Nahrungsmenge auf den Kraftwechsel.

Zu den fundamentalen Tatsachen gehört weiter das Ergebnis, daß die einzelnen Nahrungsstoffe eine besondere Wirkung auf die Steigerung des Kraftwechsels haben (G. d. E.-V., S. 334).

Gibt man jedesmal genau so viel Energiezufuhr, als dem Hungerkraftwechsel entspricht, und ist das Tier vorher auf das Minimum des Kraftwechsels (Ausschaltung der Regulation) gebracht worden, so steigt der Energieumsatz

bei Rohrzucker um . . . . + 5,8 Proz.,
„ Fett. . . . . + 12,7 „
„ Fleisch . . . . + 30,9 „

Wie Fleisch verhalten sich andere N-haltige Stoffe, z. B. Leim.

Will man aber nicht nur die Steigerung des Kraftwechsels dartun, sondern ein Nahrungsgleichgewicht erreichen, so muß die Zufuhr so weit gesteigert werden, daß dieser durch die Steigerung des Kraftwechsels bedingte Mehrverbrauch gedeckt wird, man erhält dann für den Gleichgewichtszustand folgende Verhältnisse:

für Rohrzucker ist notwendig ein Mehr von + 6,4 Proz.,
„ Fett . . . . + 14,5 „
„ Fleisch . . . . + 40,2 „

Die den Kraftwechsel steigernde Wirkung der Nahrungsstoffe hat Verfasser „spezifische dynamische Wirkung“ genannt; wie man sieht, stehen die N-haltigen Stoffe in dieser Wirkung weit über den N-freien. Auch beim Menschen ist in direkten Versuchen das Bestehen der spezifisch dynamischen Wirkung dargetan (G. d. E.-V., S. 410).

Der Einfluß der Lufttemperatur auf die Ernährungsvorgänge erklärt sich aus der spezifisch dynamischen Wirkung etwa in folgender Weise:

Es gibt eine Reihe von Tatsachen, welche zeigen, daß trotz Tätigkeit der Drüsen des Verdauungsapparates eine Steigerung des Kraftwechsels nicht eintritt. Die Fleischextraktivstoffe, welche nach Pawlow imstande sind, die Drüsen zur Tätigkeit zu veranlassen, haben keinen Einfluß auf den Kraftwechsel; die Resorption von Wasser, vorausgesetzt, daß es auch nur kleine Mengen anderer Stoffe gelöst enthält, hat keinen Einfluß auf den Kraftwechsel, obschon dabei doch Darm, Herz und Nieren mitbeteiligt sind, bei Fütterung von Harnstoff hat man keine Mehrung des Kraftwechsels

gesehen, eine Scheinfütterung von Tieren (mit Ösophagusfistel) regt die Verdauungsdrüsen an ohne Steigerung des Energieverbrauchs (Cohnheim) die Kohlehydrate haben nur einen minimalen Einfluß, der Eiweißverbrauch wird durch die Verdauung sicher nicht gesteigert usw. Da aber sicher der Vorgang der Verdauung mit einer Veränderung der Tätigkeit der Organe verbunden sein muß, so legt der Umstand, daß wir keine Steigerung des Kraftwechsels auffinden können, uns die Vorstellung nahe, daß durch innere Kompensationen im Körper und durch den Tätigkeitswechsel der Organe dieser Nachweis unmöglich gemacht wird.

Wir nehmen an, daß die spezifisch dynamische Wirkung bei hoher, wie bei niedriger Lufttemperatur ganz dieselbe sei; bei chemischer Wärmeregulation muß der Organismus im Hungerzustande eine Vermehrung der Wärmebildung einleiten, die seinen Energieumsatz den abkühlenden Verhältnissen anpaßt. Man hat meist vorausgesetzt, daß bei diesen regulatorischen Verhältnissen der Körperwärme der Stoffwechsel im Muskel beteiligt sei und die große Beteiligung der Muskeln am Aufbau des Körpers rechtfertigt diese Anschauung. Wenn durch die Nahrungsaufnahme aber als Ausfluß der spezifisch dynamischen Wirkung eine Mehrproduktion an Wärme entsteht, kann der Organismus auf die anderweitige, sonst regulatorisch erregte Wärmebildung verzichten. (Kompensationshypothese G. d. E.-V. S. 125, und Biol. Ges., S. 27, 1887 und Sitzgb. d. Bayr. Ak. d. W. v. 7. Nov. 1885, Heft IV, 460.)

Wenn man Mischungen von Eiweißstoffen und N-freien Stoffen verfüttert, so treten natürlich die Wirkungen der ersteren mehr oder minder stark zurück. Beim Hunde gab Fleisch und Fettkost eine Zunahme von + 18,7 Proz., die aus Fleisch, Zucker, Fett gemischte Kost nur + 7,7 Proz., bei alleiniger Stärke + 6,3 Proz. (G. d. E.-V.). Die Wirkung der durchschnittlichen menschlichen Kost wird man auf 5—7 Proz. des Kraftwechsels annehmen können.

Das Eiweiß zeigt dieselbe den Kraftwechsel steigernde Wirkung, wenn es auch nicht verfüttert wird, sondern wenn, wie z. B. bei Phloridzinvergiftung, der Eiweißumsatz unter einfacher Spaltung des Eiweißes (vorwiegend unter Zuckerabspaltung) steigt (G. d. E.-V., S. 370). Auch der sonstige Eiweißzerfall bei Hunger hat den gleichen Effekt, spielt aber quantitativ nur selten eine Rolle.

Sucht man nach Gründen für die spezifisch dynamische Wirkung, so könnten sie darin gefunden werden, daß Eiweiß für die lebende Substanz nur durch bestimmte (N-freie) Gruppen etwa zuckerähnlicher Substanzen Energie liefern kann, während das N-haltige Spaltstück weiter abgebaut wird, nicht mehr durch die Wirkung der lebenden Substanz selbst, sondern durch Fermente, die hierbei auftretende Wärme kann dann für die lebende Substanz nicht als Energiequelle dienen, wohl aber im Gebiete der chemischen Regulation den Wärmeverlust ersetzen (das Nähere s. G. d. E.-V., S. 378 usw.). Ob nicht auch bei Fetten und Kohlehydraten ähnliche Ursachen mitwirken, muß vorläufig dahingestellt bleiben.

Wenn man die Wirkung der Nahrung zu den einzelnen Tageszeiten verfolgt, so zeigt die Aufnahme der Kost eine leicht nachweisbare Steigerung der Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffzehrung wie durch Speck, Magnus-Levy und zahlreiche andere Beobachter angegeben worden ist.

Auch hierbei sieht man die prädominierende Wirkung eiweißreicher Nahrung zum Ausdruck kommen.

Stellt man sich vor, daß ein Erwachsener sich nur mit Eiweiß ins volle Gleichgewicht gestellt hätte, so beträgt durch die spezifisch dynamische Wirkung der Kraftwechsel um 40 Proz. mehr als im Hungerzustande; dementsprechend wäre eine Begünstigung des Wärmeverlustes durch die Haut von der Grenze der physikalischen Regulation ab bis zu einer Steigerung um 40 Proz. — und unter gleichzeitiger Minderung des Verlustes durch die Wasserverdunstung imstande, etwa den gleichen thermischen Behaglichkeitsgrad zu erzeugen, wie er an der Grenze der physikalischen Regulation bei Hunger besteht. Bei gemischter Kost und dem Zurücktreten der Eiweißstoffe würden diese Verhältnisse sich natürlich in weit bescheideneren Temperaturgrenzen bewegen. Verfasser hat zuerst gefunden, daß man durch Fütterung der Tiere die chemische Regulation ausschalten und sie in die physikalische umwandeln kann (Sitzungsb. der math.-phys. Klasse der bayr. Akad. 1885, Heft IV, S. 457). Einige Beispiele mögen diese Wirkung erläutern.

Beim Meerschweinchen wurden folgende Verhältnisse der CO_2-Ausscheidung nachgewiesen: (Biolog. Gesetz, S. 35):

Temperatur der Glocke	Körper-temperatur	CO_2 in g per kg	
0	37,85	2,99	
10	37,65	2,22	
20	37,90	1,78	
25	39,00	1,65	Hyperthermie.
30	39,00	1,43	

Es ist also wenige Grade über 20 bereits die physikalische Regulation erreicht, man vergleiche dazu die Tabelle für das hungernde Tier.

Beim Hund: Werte pro kg in 24 Stunden (G. d. E.-V., S. 196).

Temperatur	Hunger	mäßig Fleisch	überschüssig Fleisch
5^0	121,3 kg/kal	121,9 kg/kal	133,5 kg/kal
15^0	100,9 „	96,1 „	110,9 „
22^0	70,7 „	83,7 „	101,0 „
31^0	62,0 „	81,7 „	117,2 „

Bei Hunger regulierte der Hund bis 31^0 chemisch, bei kleinen Fleischgaben bis 22^0, bei viel Fleisch ist überhaupt keine Temperaturwirkung vorhanden, da der anscheinende Abfall bei 5^0 von 133 kg/kal auf 110,5 bei 15^0 unter den betreffenden Versuchsbedingungen von der Fütterung abhängig war. (Bei großen Fleischmengen steigt die Wärmebildung mit dem Ansatz von Fleisch. Der Versuch bei 5^0 stand am Ende der Fütterungsreihe).

Die Luftfeuchtigkeit.

Zu den thermischen Einflüssen gehört auch die Feuchtigkeit der Luft, da sie ja mit einer wichtigen Seite unserer Wärmebilanz, mit der Wasserverdunstung in Beziehung tritt; die Bedeutung der Wasserverdunstung haben wir aus der Betrachtung der Wirkung der Luftwärme auf den Organismus ersehen können.

Die Wirkung der Variationen der Luftfeuchtigkeit sind uns durch eingehende Versuche zuerst am Fleischfresser bekannt geworden (Rubner, Arch. f. Hyg., XI, S. 137 und 243; ebenda, S. 255, und Bd. XVI, S. 101).

Variiert man die Luftfeuchtigkeit bei mittleren und niedrigen Temperaturen, so ändert sich der Kraftwechsel des Tieres nicht, wohl aber kann man durch zunehmende Luftfeuchtigkeit die Wasserverdunstung des Tieres herabdrücken, im selben Maße steigt aber dann der Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung, für 1 Proz. Feuchtigkeitszunahme um 0,32 Proz. Bei sehr hoher Temperatur (über 30 °) scheidet das Tier, um seine Eigenwärme zu erhalten, sehr viel Wasserdampf aus; dann gelingt es aber nicht mehr, durch feuchtere Luft die Wasserdampfabgabe zu vermindern, feuchte Luft steigert dann die Polypnöe des Tieres und zugleich nimmt der Kraftwechsel wahrscheinlich zuerst infolge gesteigerter Muskeltätigkeit bei der Atmung zu.

Auch bei dem Menschen sind diese Beziehungen der Luftfeuchtigkeit näher experimentell untersucht.

Die Wasserdampfausscheidung des Menschen erfolgt durch Haut und Lungen, vor allem durch erstere.

Auf die Lungenatmung hat vor allem der absolute Gehalt der Luft an Wasserdampf, der bei Kälte immer kleiner ist wie in der Wärme, Einfluß, in zweiter Linie der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Die Wasserausscheidung aus der Haut zeigt nun den gleichen Gang, wie wir ihn auf S. 77 für den nackten Menschen für Haut- und Lungenatmung genauer angegeben haben, nur sind in dem vorliegenden Falle reichliche Mengen Schweiß gebildet worden, die nicht zur Verdunstung kamen, mit steigender Temperatur nimmt der auf Schweiß treffende Anteil zu.

Wie die Versuche von Schierbeck gezeigt haben, wird von der Haut des Menschen von dem Grenzpunkt, wo die Wasserdampfausscheidung stark steigt und Schweißtropfen an der Haut zu sehen sind, die Kohlensäureausatmung stark gesteigert.

Lufttemperatur	gr Wasser von der Haut	CO_2 in gr von der Hautatmung
29,8	22,2	0,37
31,5	70,9	0,37
32,9	73,4	0,35
33,8	82,6	0,87
35,5	106,8	0,97
38,4	158,8	1,23

Diese Steigerung der Kohlensäureausscheidung kann nicht durch die Absorption von CO_2 im Schweißwasser erklärt werden; sondern muß aus der Ausatmung aus den Schweißdrüsen herrühren. Sie ist so bedeutend, daß sie auf das Resultat der Respirationsuntersuchung Einfluß hat.

Die Luft tritt bei der Atmung annähernd mit der Temperatur des Körpers und mit Wasserdampf gesättigt aus. Hochtrockene Luft erzeugt ein weit in der Trachea hinabreichendes Gefühl der Kühle, mittelfeuchte und feuchte Luft sind ohne Wirkung. Alle Einflüsse, welche das Atemvolumen ändern, ändern auch den Wasserverlust aus der Lunge.

Beim Erwachsenen wurde bei mittlerer Temperatur und Feuchtigkeit pro Stunde für die Lungenatmung gefunden:

bei ruhiger Atmung . . . . 17 gr Wasserverlust,
„ tiefem Atmen . . . . 19 „ „
„ lautem Lesen . . . . 28 „ „
„ Singen . . . . 34 „ „

(Rubner, Arch. f. Hyg. XXXIII, 1898, S. 151).

Die Wasserdampfausscheidung von der Haut allein wurde von Schierbeck, Nuttall, Wolpert (Arch. f. Hyg. XVI, S. 203; XXIII, 1895, S. 184; XLI, S. 317) in meinem Laboratorium näher untersucht. Wolpert prüfte die Wasserausscheidung durch die Gesamthaut in einem besonderen Respirationsapparat, während die Atemluft nach außen abgeleitet wurde. Die Versuchsperson war nackt. Folgendes sind die Ergebnisse:

Temperatur	Relat. Feucht.	gr Wasser p. Stunde	davon Schweiß	verdunstetes Wasser
24,8	47 Proz.	61	—	61
28,2	49 „	93	—	93
30,2	57 „	132	13	120
35,2	46 „	243	85	158
39,3	47 „	393	211	182

Bei feuchter Luft und niedriger Temperatur kann nach den gegebenen Zahlen die Wasserdampfabgabe von der Haut ganz unterdrückt werden; die bei mittlerer Temperatur für die Haut erhaltenen Minimalwerte sind so klein, daß es sich dabei nur um die Abgabe hyproskopischen Wassers von den Epidermiszellen handeln kann, das diese von den tiefer gelegenen Zellschichten in kleinen Mengen übermittelt bekommen. Die tote Haut ist in ihrem Wasserverdampfungsvermögen genau wie ein hyproskopischer Körper (s. bei Erismann, Zeitschr. f. Biol. XI und Wolpert, Arch. f. Hyg. XLI, S. 304, 1902). Fettet man den Körper ein, so wird die Wasserverdunstung, solange es sich um die nicht schwitzende Haut handelt, herabgesetzt, zu gleicher Zeit gibt die fette Haut weniger Wärme durch Leitung und Strahlung ab (Rumpel, Arch. f. Hyg. IX, S. 92). Bei sehr hohen Temperaturen wirkt Ölung der Haut begünstigend auf die Schweißsekretion. Bei 39 ⁰ Luftwärme wurde gefunden:

	gr Wasser	davon verdampft	als Schweiß
normale Haut	393	182	211
gefettete Haut	437	196	241

(Wolpert, Arch. f. Hyg. XLI, S. 318, 1902).

Die Experimente am Menschen haben gezeigt, daß innerhalb weiter Temperaturgrenzen die Wasserdampfausscheidung durch die Luftfeuchtigkeit beeinflußt und mit zunehmender Feuchtigkeit verringert werden kann und zwar bis etwa 25 ⁰ Wärme (Rubner und Lewaschew, Arch. f. Hyg. XXIX, S. 1). Ein Einfluß der Feuchtigkeitsschwankungen auf den Kraftwechsel ist nicht zu erweisen, es liegen die Verhältnisse analog wie beim Fleischfresser, bei hochwarmer Luft nimmt gleichfalls analog zu den Tierversuchen mit zunehmender Luftfeuchtigkeit die Wasserdampfabgabe von der Haut zu (Wolpert, Arch. f. Hyg. XXXVI, S. 294). Für die Temperaturen 15—25 ⁰ mag folgende Tabelle zur Orientierung dienen:

	Hochtrockene Luft H_2O in gr			Hochfeuchte Luft H_2O in gr		
Temp.	im ganzen	in der Atmung	von der Haut	im ganzen	in der Atmung	von der Haut
15	36,3	16,8	9,5	9,0	9,0	—
20	54,1	17,0	37,1	15,3	11,7	3,6
25	75,4	18,4	57,0	23,9	10,9	13,0

Die Werte für die Atmung sind berechnet.

Die Vorgänge der Wasserverdunstung bei sehr hoher Temperatur sind komplizierter, insofern dabei die Beschaffenheit der Haut und der Fettreichtum des Menschen einen bedeutungsvollen Einfluß ausüben.

Bei hochwarmer Luft tritt nicht alles Wasser von Anfang an als Schweiß auf, sondern es verdunstet das Wasser direkt von den Schweißdrüsen weg (Rubner und Lewaschew, l. c., S. 55).

Von großer Bedeutung ist der Fettreichtum des Körpers für die Größe der Wasserdampfausscheidung, woraus auch folgt, daß beim Fetten die Schwankungen der Luftfeuchtigkeit leicht eine ungünstige Rückwirkung auf ihn selbst haben können. In trockener Luft sind die Ausscheidungen von Wasserdampf beim Fetten und Mageren oft kaum verschieden, steigt aber die Luftfeuchtigkeit, so sieht man sofort, wie für den Fetten Schwierigkeiten der Entwärmung entstehen.

	Temperatur der Luft	gr Wasserdampf p. Stunde Magere Person	Fette Person
Trockene Luft . . .	20	60	40
	30	100	97
	36	160	154
Feuchte Luft . . .	20	25	19
	30	65	143

Bei 30° sind also für die fette Versuchsperson die Mittel, ihren Körper auf dem Wärmegleichgewicht zu halten, erschöpft; die Haut vermag die Wärme nicht genügend nach außen abzuleiten.

Ein anderer Fall wird diese Insuffizienz der fetten Versuchsperson noch weiter illustrieren.

Fette Versuchsperson	gr Wasserdampf pro Stunde bei 20—22°	bei 20—30°	bei 30—37°
Trockene Luft	56	134	204 + 14 gr Schweiß
Feuchte Luft	27	170 + 31 gr Schweiß	186 + 255 gr Schweiß

(Wolpert und Broden, Arch. f. Hyg. XXXIX, 1901, S. 298).

Wenn die Feuchtigkeit stark auf die Wasserdampfabgabe hinderlich wirkt, beginnt die Bluttemperatur zu steigen, und es steigt auch der Kraftwechsel. Man wird das für selbstverständlich halten; es besteht aber doch wenigstens bei niedrigen Graden der Blutwärmesteigerung kein innerer Zusammenhang zwischen beiden Vorkommnissen, weil manchmal ohne Zunahme des Kraftwechsels eine geringe Erhöhung der Blutwärme vorhanden sein kann, und andererseits der Kraftwechsel in feuchter Luft schon steigt, noch ehe wirklich ein Wärmezuwachs vorhanden ist.

Fette Person, bekleidet. Ausscheidungen in gr pro Stunde.

Temperatur	30 Proz. Feuchtigkeit CO_2	H_2O	mittlere Feuchtigkeit CO_2	H_2O	60 Proz. Feuchtigkeit CO_2	H_2O
12	—	—	35,1	—	—	—
20	33,7	56	29,7	—	30,7	27
28—30	36,9	134	—	—	44,5*)	201
36—37	42,6	217	—	—	46,7**)	441

(Wolpert und Broden, l. c.)

*) Bluttemperatur steigt um + 0,4.
**) Bluttemperatur steigt um + 0,9.

Es geht also einer thermometrisch nachweisbaren Überwärmung eine Steigerung des Kraftwechsels schon voraus.

Besonders wichtig sind die Beziehungen der Luftfeuchtigkeit zur Begrenzung der Arbeitsleistung. Wir haben bereits erörtert, daß bei gleicher Arbeitsleistung der Organismus bei verschiedener Temperatur durch eine ungleiche Größe der Wasserverdunstung akkommodiert. Dies hat aber seine Grenzen, es gibt Fälle, in denen wegen des immensen drückenden Schwülegefühls in feuchter Luft die Arbeit verweigert wird.

An einer mageren 58 kg schweren Person wurden folgende Versuche bei Ruhe und verschiedener Größe der Arbeit angestellt.

Trockene Luft.

gr H_2O-Verdunstung pro Stunde.

Temperatur	Ruhe	5000 kg/m pro Stunde	15000 kg/m pro Stunde
15	50	55	55
20	60	60	70
25	65	105	150
30	100	145	220
35	160	170	Arbeit verweigert
		Feuchte Luft.	
15	20	25	25
20	25	50	Arbeit verweigert
25	35	85	„
30	65	110	„

Die Versuchsperson konnte bei 35° in trockener Luft noch leichte Arbeit leisten, vermochte aber den Versuch mit schwerer Arbeit nicht zu vollenden. Bei feuchter Luft konnte bei 20° bereits keine schwere Arbeit mehr geleistet werden. Beachtenswert ist der geringe Wasserdampfzuwachs bei Arbeit und niedriger Temperatur, die Blutzirkulation (mit Erhöhung der Hauttemperatur) vermag dabei genügend für die Entwärmung zu sorgen.

Der Grund zur Arbeitsverweigerung liegt in dem erdrückenden Müdigkeitsgefühl, das sich in feuchter Luft einstellt.

Bei Arbeitsleistung wird die Wärmebildung entsprechend erhöht, der Organismus kommt also unter die gleichen Verhältnisse, als wenn wir bei Ruhe die Außentemperatur stark steigern würden, — Blut tritt in die Venennetze der Haut zur Entwärmung und noch ehe diese Blutverteilung ihr Maximum erreicht hat, beginnt normalerweise die Wasserdampfausscheidung zu steigen. Letztere Möglichkeit fällt in feuchter Luft schon weg, noch ehe die Hauttemperatur jenen Grad der Wärme erreicht hat, der zu profuser Wasserdampfausscheidung nötig ist. So wird dem Blute einerseits eine größere Arbeit aufgebürdet, und selbst, wenn es später zur Wasserausscheidung kommt, fällt die Verdunstung gering aus.

Wir haben nun noch die Verschiedenheiten eines Mageren und Fetten im Gebiete der Arbeitsleistung zu betrachten.

Die nachfolgenden Werte sind auf gleiches Körpergewicht berechnet.

gr Wasser pro Stunde.

Trockene Luft. Arbeit 5000 kg/m pro Stunde.

	Ruhe		Arbeit	
Temperatur	Mager	Fett	Mager	Fett
20	60	40	60	57
30	100	97	145	118
36	160	**154**	170	**253**
Feuchte Luft.				
20	25	19	50	55
30	65	143	110	**126**

Der Magere hat unter allen angeführten Versuchsbedingungen ohne jedwede Erhöhung seiner Körpertemperatur gearbeitet, der Fette ist weniger leistungsfähig. Seine Regulation versagte schon bei 36 ⁰ in trockener Luft, die Arbeit vermochte er nur unter erheblichem Anstieg der Bluttemperatur zu vollenden. In feuchter Luft war schon bei 30 ⁰ und Arbeit die Regulation ungenügend. Die thermische Unzulänglichkeit leuchtet also ein; da die Versuchsperson keineswegs ein ganz extraorbitantes Fettpolster hatte, sind unter Umständen noch gröbere Störungen zu erwarten.

Neger haben in Versuchen des Verfassers mit Bezug auf ihr Wärmeregulationsvermögen bei hoher Temperatur kein dem Europäer überlegenes Verhalten gezeigt.

Nach der Arbeit dauert noch längere Zeit eine erhöhte Wasserverdunstung an (Wolpert und Peters, Arch. f. Hyg. LV, 1906, S. 318). Es ist darauf mit Rücksicht auf die in der Ruhepause nach Arbeit häufig auftretenden Erkältungen Rücksicht zu nehmen. Alkoholgaben erhöhen bei hoher wie niedriger Temperatur die Wasserverdunstung wenig (+ 11 Proz. bei hoher Temperatur), es kommt das aber in wärmeregulatorischer Hinsicht nicht in Betracht, wichtiger ist, die spezifische Wirkung des Alkohols, die Kälteempfindung und Frosterscheinung zu beseitigen (Rubner, Arch. f. Hyg. XXXVIII, S. 142). Über die zeitliche Verteilung der Wasserdampfausscheidung bei mittlerer Feuchtigkeit und Temperatur und gemischter Kost besitzen wir nur 3 Versuche von je 24stündiger Dauer, zerlegt in 6 vierstündigen Perioden von Wolpert und Peters (Arch. f. Hyg. LV, S. 299). Die Wasserdampfabgabe war pro Stunde in gr berechnet:

vormittags	nachmittags		nachts		früh
8—12	*) 12—4	4—8	**) 8—12	12—4	4—8
83	64	54	87	59	65

Die Schwankungen sind in den einzelnen Perioden nicht groß; summiert man die Wachperiode, so erhält man ein Stundenmittel von 72 gr, bei Schlafen 62 gr. Die Hauptmahlzeit äußert gar keine Wirkung, daher kann der höhere Wert 8—12 Uhr nachts auch nicht Folge der kleinen Abendmahlzeit sein. Auch Atwater und Benedict haben einige Bestimmungen der zeitlichen Verteilung des Wasserdampfes durchgeführt (s. Experim. on metabolism etc. U. S. Dep. of Agricult., Bull. 136, 1903).

Zahlen über die mittlere Wasserdampfausscheidung des Menschen haben kaum einen Wert, da die verschiedenartigen zufälligen Bedingungen eine so große Rolle spielen. Man kann vielleicht sagen, daß für die niedere Tem-

*) **) In diese Perioden fiel die Nahrungsaufnahme.

peratur und leichte Bekleidung und Ruhe 456 gr ein Minimum täglicher Ausscheidung sein dürfte. 880 gr entspricht etwa mittlerer, 2688 gr hoher Temperatur, es kommen aber, wie Versuche gezeigt haben, Werte von 200 und 300 gr Wasserdampf pro Stunde vor, was Tagesleistungen bis 7200 gr entsprechen würde. Auf die Beziehungen zwischen Kleidung und Wasserdampfbildung und Abgabe wird in dem Artikel „Kleidung" näher eingegangen. Über gewerbliche Arbeit und Wasserdampfausscheidung s. unter Gewerbehygiene.

Das Körpergewicht.

Für viele Ernährungsfragen, wie z. B. jene, die Jugend- und Alterszustände betreffen, oder auch nur bei dem Vergleich einzelner gleichaltriger Individuen untereinander, oder verschieden großer Tierspezies, bei Wohlgenährtheit und Siechtum usw., werden wir auf eine Frage geführt, welche auch für die Generalisierung neuer wissenschaftlicher Ergebnisse für die Praxis der Ernährung größte Bedeutung hat: Wie kann man den Kraftwechsel von Organismen ungleichen Körpergewichts miteinander vergleichen? Dies Problem ist erst wichtiger geworden, seitdem die energetische Betrachtung der Ernährungslehre überhaupt die Möglichkeit geboten hat, Beobachtungen auf den verschiedensten Gebieten der Ernährungslehre untereinander in Beziehung zu setzen.

Eliminiert man die Ungleichheit des Körpergewichts durch die Berechnung pro 1 kg Körpergewicht, so läßt sich, vorausgesetzt, daß die Gewichtsunterschiede nicht groß sind, häufig die gewünschte Vergleichung herstellen; es wird aber zu wenig bedacht, daß nur dann das Körpergewicht ein Vergleich ist, wenn es auch dieselben physiologischen Einheiten einschließt, d. h., wenn zum mindesten wenigstens Fettreichtum und Ernährungszustand der Zellen derselbe ist. Bei Hunger ändert sich der Fettreichtum fortwährend, es ändert sich also bei Herabgekommenen das Verhältnis der lebenden Substanz zur Gerüstsubstanz zuungunsten der ersteren. Die Berechnung auf die Einheit des Körpergewichts wird sehr oft da angewendet, wo sie gar nicht am Platze ist und völlig unberechtigt erscheint.

Am häufigsten kann man die Reduktion auf gleiches Körpergewicht anwenden, wo es sich um nicht erhebliche Variationen der einzelnen Individuen handelt.

Gehen die absoluten Gewichte der verglichenen Organismen oder Individuen weit auseinander, so zeigen die Reduktionen auf 1 kg Körpergewicht immer Unterschiede des Energieverbrauchs, die um so größer sind, je größer die Differenzen des absoluten Gewichtes waren und sich stets in dem Sinne ordnen, daß die kleinen Organismen relativ den größten Kraftwechsel haben, dies gilt für Warmblüter, ja sogar für die Kaltblüter; schon die älteren Versuche über die Respiration der Tiere, z. B. jene von Regnault und Reiset, zeigen diese Eigenart der Lebensvorgänge.

Um ein Paar Beispiele zu geben, so möge angeführt sein, daß Hunde verschiedener Größe pro 1 kg und 24 Stunden bei mittlerer Temperatur folgenden Kraftwechsel zeigten:

Größe	Kraftwechsel pro kg
31 kg	35,7 kg/kal
20 „	45,9 „
10 „	65,2 „
3 „	88,1 „

(Rubner, Z. f. Biolog. XIX, S. 549).

Der kleinste Hund verbrauchte also pro kg 2,47 mal soviel an Energie wie der große. Ähnliches findet sich überall.

Verfasser hat zuerst erwiesen, daß sich diese Ungleichheiten sofort eliminieren lassen, wenn man den Kraftwechsel nicht auf die Masse, sondern auf die Oberflächen der Organismen berechnet.

Die Körperoberflächen sind pro kg Körpergewicht außerordentlich verschieden, es treffen pro kg:

beim erwachsenen Menschen	287	qcm Oberfläche
bei einem großen Hund	344	„ „
„ einem kleinen Hund	726	„ „
„ einer Ratte	1650	„ „
„ einer Maus	2296	„ „

Diese Werte gelten nur für gut genährte Individuen.

Berechnet man den Kraftwechsel auf je ein qm Fläche, so ist er beim Menschen (Hungerzustand, Ruhe, mittlere Temperatur) 1042 kg/kal pro 24 Stunden im Mittel und um diesen Wert schwanken die Einzelbeobachtungen am Menschen verschiedener Größe. Legt man eine mittlere Ernährung, oder Menschen mit bestimmter Arbeitsweise zugrunde, so gelangt man natürlich zu anderen Konstanten; bei mittlerer Kost und Ruhe (im Zimmer) beträgt der Wert 1189, bei mittlerer Arbeitsleistung 1399 kg/kal.

Ein Zwerg von 6,1 kg Gewicht, der Produktionen vor dem Publikum vorführte, also etwas Arbeit leistete, lieferte pro qm 1231 kg/kal, also dieselben Werte wie ein Erwachsener unter ähnlichen Verhältnissen. Wenn man die Oberflächen bei einer Spezies genauer bestimmt hat, läßt sich eine Konstante angeben, mit welcher in anderen Fällen die Oberfläche berechnet werden kann.

Die ersten solcher Konstanten sind von Vierordt-Meeh (Z. f. Biol. 15, S. 425) für den Menschen angegeben worden. Die Konstante ist, wenn O = Oberfläche, G = Gewicht, $K = \frac{O\sqrt[3]{G}}{G}$ und die Oberfläche selbst wird $O = K\sqrt[\frac{3}{2}]{G}$, worin G in gr und O in qcm ausgedrückt wird.

Die Konstanten sind uns jetzt für zahlreiche Tiere bekannt (s. G. d. E.-V., S. 281):

z. B. beim Kalb	10,5,	beim Meerschwein	8,7,
„ Schaf	12,1,	„ Huhn	10,4,
bei der Katze	9,9,	bei der Ratte	9,1,
„ dem Schwein	8,7,	„ „ weißen Maus	11,4,
„ „ Kaninchen	12,4,	„ dem Hund	10,7,
beim Menschen	12,3.		

Doch kommen im einzelnen und bei verschiedenen Altersstufen Abweichungen vor, auf die wir nicht näher einzugehen haben.

Berechnet man bei verschiedenen Tieren den Kraftwechsel auf gleiche Oberflächen, so erhält man folgende Werte in kg/kal und für den Tag:

beim Menschen	1042
„ Schwein	1078
„ Hund	1039
„ Kaninchen	917
„ Maus	1188
„ Meerschweinchen	1246

Die einzelnen Spezies weichen also untereinander auffallend wenig ab (Rubner, G. d. E.-V., S. 282, Probleme der Lebensdauer S. 149).

Auf die weiteren Verhältnisse einzugehen ist nicht der Platz, nur muß nochmals bemerkt werden, was auch für den Menschen gilt, daß nur Personen gleichen Ernährungszustandes und gleicher Leistungen verglichen werden können, schon deswegen, weil bei herabgekommenen Personen natürlich wesentliche Veränderungen des Körpers in seiner Zusammensetzung eintreten, und bei Tieren durch das Überwiegen des Felles bei herabgekommenen Individuen ein thermischer Schutz entstehen kann, den ein wohlgenährtes Individuum mit praller Haut nicht besitzt. Die Haut kann faltig werden, da sie um 25 Proz. oder mehr bei schlechter Ernährung zu groß werden kann.

Eine über die mittlere Ernährung hinausgehende Fettmast läßt das Verhältnis des Energiebedarfs pro 1 qm beim Menschen unberührt. Von einem Brüderpaar, von dem der eine eine normale Entwicklung zeigte, der andere Fettmast, trafen pro 1 qm Oberfläche:

an kg/kal beim Mageren	1290
„ „ „ Fetten	1321

Das Oberflächengesetz ist von zahlreichen Beobachtern in anderen Fällen bestätigt gefunden.

Die Beziehungen des Kraftwechsels beim Individuum sind, worauf Verfasser zuerst bei Hungertieren aufmerksam gemacht hat (Z. f. Biol. XVII, S. 225), anderer Art. Hier sieht man, daß zumeist der Kraftwechsel abfällt, wie die Masse des Tieres, ausnahmsweise und in der letzten Hungerzeit vor dem Tode auch schneller.

Die Äußerung des Oberflächengesetzes besteht also in erster Linie darin, daß sich die den Körper aufbauende Zellmasse in jedem Einzelindividuum bezüglich des Energieverbrauchs so zu ändern pflegt, daß die durch die Oberflächenentwicklung gegebene Entwärmung gedeckt ist. Da die Organismen mit steigender Temperatur unter Bedingungen kommen, wo die Entwärmung nottut, so müssen auch diese Einrichtungen in ihrer Leistungsfähigkeit der Größe oder Kleinheit der Tiere abgepaßt sein; ebenso müssen alle Funktionen: Kreislauf, Atmung, Verdauung, Muskelleistung usw., in Tieren verschiedener Größe zueinander in innigem Verhältnis stehen. Wenn N. Zuntz meint, der Energieverbrauch dem Oberflächengesetz entsprechend sei dahin zu deuten, daß für den Umsatz Volum und Lebensenergie der Muskeln in Frage käme, so trägt das zur Erklärung des Gesetzes nichts bei, denn man wird eben beantworten müssen, warum die Muskeln bei verschiedenen Tieren diese Eigenschaften besitzen.

Das Oberflächengesetz ist also bedingt durch die thermischen Verhältnisse niederer wie höherer Temperaturen in ihrer Rückwirkung auf den Körper.

Die interessanteste Anwendung findet es auf den Energieverbrauch in Jugend und Alter. Es wurde vom Verfasser zuerst darauf hingewiesen,

daß die Zahlen des Kraftwechsels bei Kindern einen sehr gleichartigen Ausdruck annehmen, wenn man sie auf gleiche Oberflächen bezieht, daß also an der Geltung des Oberflächengesetzes für jugendliche Organismen nicht zu zweifeln sei (Z. f. Biol. XXI, S. 397).

Die Angaben über den Energieverbrauch im wachsenden Alter beziehen sich fast alle auf statistische Erhebungen des Nahrungskonsums frei lebender Kinder, die entweder vor dem schulpflichtigen Alter stehen oder zur Schule gehen, und sich ausleben, wie es bei jungen Personen üblich ist. Es kann daher nicht wundernehmen, daß die erhaltenen Werte pro 1 qm Oberfläche nicht den Zahlen für ruhende Menschen entsprechen, sondern denen der Arbeiter. Später habe ich auch bei jungen und erwachsenen Meerschweinchen in Respirationsversuchen beobachtet, daß bei hungernden Tieren verschiedenen Alters der Kraftwechsel übereinstimmt:

Gewicht der Tiere in gr	CO_2 pro 1 qm u. Stunde
600	12,35
568	10,53
223	12,14
206	13,16

Sondén und Tigerstedt haben (Skand. Arch. der Physiol. VI, 1895) über Versuche berichtet, welche dartun sollen, daß während des Wachstums der Energiewechsel größer sei, als dem Oberflächengesetz entspreche; es hat sich aber zeigen lassen (s. Camerer, Z. f. Biol. XXXIII, S. 320 und Rubner, Ernährung im Knabenalter, Berlin 1902, S. 42), daß die genannten Versuche zu einer solchen Schlußfolgerung nicht Anlaß bieten können.

In vollständig durchgeführten Stoffwechselversuchen hat Verfasser gefunden:

	kg/kal pro qm u. Tag	Gewicht in kg
beim atrophischen Kind	1090	3
„ Brustkind	1006	5
„ Kind bei Kuhmilchkost	1143	8
„ Knaben, gemischte Kost	1290	26
„ Knaben (fettsüchtig), gem. Kost	1279	40
„ Erwachsenen, gemischte Kost	1189	70

Sonach liegen keine Beweise vor, welche für den heranwachsenden Menschen die Anwendbarkeit des Oberflächengesetzes bezweifeln ließen. Es sind auch späterhin von verschiedenen Beobachtern weitere Beiträge geliefert worden, welche als Belege der Richtigkeit des Oberflächengesetzes dienen können (Uffenheimer, Schloßmann usw.). Die kurzdauernden Beobachtungen, welche Magnus-Levy und Falk mit dem Zuntzschen Apparat ausgeführt haben, können hier nicht in Frage kommen.

In höherem Alter machen sich beim Menschen und wahrscheinlich auch bei den Tieren allerlei Veränderungen geltend, welche auf den Kraftwechsel von erheblicher Bedeutung sind. Vor allen findet sich häufig eine zunehmende Magerkeit und schlechter Ernährungszustand, ferner eine Abnahme der Leistungsfähigkeit und Arbeitslust, die einerseits auf den Schwund der Muskulatur und noch außerdem auf die Arteriosklerose zurückzuführen ist, ferner zeigt sich ein Bedürfnis nach Wärme, die Gefäße sind nicht mehr in der Lage, das Blut so zu verteilen wie in der Jugend, und die Ablagerung des Fettes, soweit es noch in Frage kommt, beschränkt sich

auf den Rumpf, vor allem die Bauchorgane, während die Extremitäten dieses Schutzes entbehren. Daher sinkt der Energiebedarf alter Personen, auch solcher, die frei in der Wahl ihrer Nahrung und Lebensgewohnheiten sind, stark ab und kann auf 1000 kg/kal pro qm heruntergehen, bei bettlägerigen Personen und solchen mit starker Abmagerung mögen vielleicht noch niedrigere Werte sich finden.

Die Beteiligung des Wasserverlustes am Kraftwechsel bei Personen verschiedener Größe ist nur von dem Verfasser für einige Fälle genauer vergleichend untersucht worden, wobei sich fand:

Mensch	pro 1 qm in 24 Stunden bei mittlerer Temperatur und Feuchtigkeit
5—7 kg	640 g
26—41	658 „
Erwachsener	528 „

Es würden somit die jugendlichen Organismen etwas mehr Wasserdampf abgeben, als die Erwachsenen, doch sind die Unterschiede zu gering, um ein gesetzmässiges Verhalten auszusprechen, zumal die Bekleidungsweisen nicht völlig identisch zu machen sind. Namentlich der Säugling wird wärmer bekleidet als der Erwachsene, und dies kann sehr wohl Ursache der geringen Unterschiede in der Wasserdampfabgabe sein.

Beim Hunde ist zweifellos die Wasserabgabe bei kleinen Tieren relativ herabgesetzt. Der Energieumsatz verteilt sich in folgender Weise:

Körpergewicht	Von 100 kg/kal treffen auf Strahlung und Leitung	Wasserverdunstung
30 kg	79,5	20,5
12 „	80,3	19,7
5 „	87,1	12,8
4 „	91,0	9,0

(Rubner, Arch. f. Hyg. XI, 237.)

Da beim Hunde die Wasserdampfabgabe wesentlich durch Lungenatmung besorgt wird, so ist es verständlich, daß bei kleinen Tieren, wegen der kleinen Wegstrecken, welche die Atemluft im Körper zurücklegt, und wegen der hohen Frequenz der Atmung diese nicht so wirksam sein kann, wie bei großen Tieren. Andererseits ist der Verlust der Wärme durch eine dünnere Haut oder andere Verteilung des Fettes ausgeglichen.

III. Abschnitt.

Der Stoffwechsel.

Die Entziehung der organischen Nahrungsstoffe.

Der hungernde Organismus lebt von den Bestandteilen des eigenen Leibes, er scheidet Harn aus, bildet Kot, und ist in seinen Funktionen und Lebensäußerungen durchaus nicht so beschränkt wie man gewöhnlich an-

nimmt, körperliche Leistungen nicht unerheblicher Art sind auch im Verlaufe einer weit vorgeschrittenen Hungerzeit beim Menschen beobachtet worden. Das längste bis jetzt am Menschen ausgeführte Hungerexperiment währte über 30 Tage. (Luciani, Das Hungern. L. Voß, Hamburg und Leipzig 1890).

Nach 8—10tägigem Hungern wurde die Temperatur als normal gefunden, Puls und Respiration zeigten nichts Auffälliges.

Die Abnahme des Körpergewichts ist von der Lebhaftigkeit des Energieverbrauchs abhängig, in erster Linie also von der Größe. Kinder und Halberwachsene unterliegen rascher dem Hunger als Erwachsene. Aus Tierversuchen weiß man, daß der Hungertod im Durchschnitt eintritt, wenn das Körpergewicht auf 50 Proz. gefallen ist (Chossat). Der Mensch verliert täglich bei Hunger rund $^1/_{100}$ seines Körpergewichts.

Die einzelnen Organe beteiligen sich sehr verschieden an dem Verlust, bei Säugetieren fand man nach dem Hungertod, daß 100 Teile Trockensubstanz bei Hunger folgende Prozente einbüßen (Sedlmair, Z. f. B. XXXVII, 1899, S. 41):

Skelett . . .	19,	Herz	55,	Nieren	58,
Haut	32,	Milz	74,	Magen und Darm	53,
Muskel . . .	70,	Leber	72,	Lunge	30,
Gehirn . . .	0,	Pankreas . . .	39,	Fett	97.

Die Zahl der Zellen der wichtigeren Organe nimmt dabei, soweit bis jetzt sichersteht, nicht ab, sie verlieren also nur von ihrem Inhalt. Die unmittelbare Ursache des Hungertodes ist noch nicht bekannt; das Vermögen, die Eigentemperatur zu erhalten, ist in den letzten Tagen vor dem Tode offenbar vermindert.

Der Gesamtenergieverbrauch pro kg Tier gerechnet, nimmt im Laufe des Hungerns nur wenig ab: am Kaninchen habe ich beobachtet:

	Kal. im Mittel
1—2 Tage Hunger	52,4
3—8 „ „	50,9
9—15 „ „	49,9
16—19 „ „	47,3

Tod des Tieres am 19. Tage; zum Teil erklärt sich die Abnahme aus dem Sinken der Körpertemperatur an den letzten Lebenstagen (Rubner, Zeitschr. f. Biol. XVII, S. 6, Biologische Gesetze, Marburg 1887, und Ges. d. E.-V., Kap. XVI).

Die Beteiligung des Eiweißes am Kraftwechsel ist im Hunger sehr wechselnd und hängt ganz vom Fettgehalt eines Tieres ab. Bei sehr großem Fettgehalt können rund 4—5 Proz. der Gesamtkalorien für den Eiweißumsatz in Frage kommen, bei mittlerem Fettgehalt 11—12, sinkt aber der Fettgehalt unter 5 Proz., so nimmt das Eiweiß sehr schnell in der Zersetzung zu, bis schließlich geradezu nur Eiweiß allein den Energiebedarf bestreitet.

Der Fettgehalt ist also für die Dauer der Hungerzeit von größter Bedeutung, je mehr Fett am Körper, desto länger wird der Hunger ertragen. Ähnlich muß auch ein großer Glykogengehalt wirken, wenigstens in der allerersten Zeit des Hungers. Da 978 Teile Muskelsubstanz nur soviel

Wärme, wie 100 Fett liefern, so begreift man den rapiden Gewichtsverfall der mageren Tiere. Selbst bei mäßigfetten Tieren können im Laufe des Hungers 70 Proz. der Spannkräfte des Körpers nutzbar gemacht werden, von denen der größte Teil aus dem Fett entstammt. Vom Gesamt-N gehen im Laufe des Hungers 42 Proz. zu Verlust (s. Rubner, Z. f. Biol. XVII, 1881, S. 223).

Bei teilweise ungenügender Ernährung kommt es zu einem protrahierten Hungerzustand, der dann, wenn die Stoffe nicht hinreichen, um das maximal abgemagerte Tier zu ernähren, zum Hungertod führt; bei weniger umfangreicher Reduktion folgt eine Gewichtsabnahme entsprechend dem Nahrungsmangel und schließlich ein Gleichgewicht der Ein- und Ausgabe bei schlechtem Ernährungszustand. Solche herabgekommenen Organismen ertragen natürlich den vollkommenen Hunger dann nur kurze Zeit. Eine partielle Inanition, die zum Tode führt, scheint die Kinderatrophie zu sein (Ohlmüller, Z. f. Biol. XVIII, 1882, S. 78).

Gibt man einem Hungernden genügend Fett, so wird der Fettverlust des Körpers aufgehoben, nur der Eiweißverbrauch geht weiter, auch die reichlichste Fettzufuhr hindert den Eiweißverlust nicht, ja man sieht dabei sogar meist noch eine kleine Mehrung des Eiweißverlustes (C. Voit, Handbuch der Ernährung, S. 127, und Rubner, Z. f. Biol. XIX, S. 332). Durch sehr große Fettmengen, die den Bedarf der Tiere erheblich überschreiten, nimmt die Größe der Fettzersetzung zu (Spez. dynam. Wirkung, G. d. E.-V., S. 353), maximal um 14,5 Proz. Steigerung des Gesamtenergieverbrauchs (s. auch Z. f. Biol. XIX, S. 313).

Kohlehydrate setzen den Eiweißverlust nach Voit um 10—15 Proz. herab, leichtlösliche, wie Rohrzucker, noch viel weiter, bis auf $^1/_3$ des Hungerverbrauchs (Rubner, Z. f. Biol. XV, S. 199 und Band XIX, S. 391), in maximo erreicht man eine Verringerung des Eiweißverbrauchs auf rund 4 Proz. der Kal. des Gesamtumsatzes. Diese Quote ist bei großen wie bei kleinen Individuen und bei verschiedenen Tieren ganz dieselbe, auch bei Erwachsenen wie bei Säuglingen gleich groß. Sie wird bei der Fettmast auch im Hunger erreicht.

Diese niedrigste Stufe des Eiweißverbrauchs wird vom Verfasser als Abnutzungsquote des Eiweißes bezeichnet, sie beruht auf dem unvermeidlichen Verlust von Epithel, Epidermis und auf der Bildung N-haltiger Verdauungssäfte und Produkte der inneren Sekretion und dem Zugrundegehen der Blutzellen und des Verlustes an N, der mit dem Leben jeder Zelle verbunden ist.

Mischungen von Fett und Kohlehydraten wirken, solange ersteres nicht das Übergewicht erlangt, ebenso wie Kohlehydrate allein.

Die Zufuhr organischer Nahrungsstoffe.

Eiweißzufuhr in kleinen Mengen.

Führt man, nachdem durch Fettgaben die N-Zersetzung das oben angegebene Minimum (für Fett) erreicht hat, beim Menschen auch Fleisch zu, und zwar in fraktionierten kleinen Dosen über den Tag verteilt, so kommt man in ein N-Gleichgewicht, das etwas über der N-Ausscheidung im Hunger liegt; z. B. Hunger N = 9,09 pro Tag (Mann von 75 kg Gewicht, fraktioniert Fleisch und Fett 11,29, also mehr 24 Proz. (K. Thomas). Fett allein steigerte den N-Verbrauch gegenüber Hunger um 5 Proz.

Bei Kohlehydratzufuhr kann nach längerer Zufuhr beim Manne (75 kg) die tägliche N-Ausscheidung im Harn auf 2,2 g heruntergehen und mit Korrektur für den Kot (0,6 kg N pro Tag) auf 2,8 g im ganzen.

Gibt man Fleisch oder Milcheiweiß fraktioniert, so reicht man auch mit der Zufuhr von 4 g N oder selbst 2,8 täglich vollkommen aus (K. Thomas). Der Säugling stellt sich auch analog auf eine so kleine N-Menge ein.

Ein Mehrverbrauch von Eiweiß tritt in allen eben erwähnten Fällen ein, wenn man Fleisch in 1—2 Mahlzeiten auf einmal zuführt, wie folgende Zahlen als Beispiele zeigen:

Hunger-N-Ausscheidung	7,7 pro Tag	
Fleisch und Fett fraktioniert	10,2 „ „	
„ „ „ nicht fraktioniert. .	11,3 „ „	(K. Thomas).

Zufuhr von Eiweiß allein und großer Eiweißmengen neben Fett oder Kohlehydraten.

Mit Fleisch allein kann man bei ein- oder zweimaliger Zufuhr im Tag niemals den N-Verlust bei vorherigem Hunger in äquivalenten Mengen aufheben (s. C. Voit, Handbuch der Ernährung, S. 105). E. Voit hat in neuen Versuchen beim Hund das Gleichgewicht erst mit der 3—4fachen Menge von N, wie sie bei Hunger verbraucht wurde, erreicht. Dies liegt daran, daß das gefütterte Eiweiß schnell resorbiert wird und nicht nur die Abnützungsquote einspart, sondern darüber hinaus Fett in isodynamen Mengen verdrängt; dadurch entsteht eine unnötige Steigerung des Eiweißverbrauchs an Stelle der Verbrennung N-freier Körper.

Auch beim Menschen verhält es sich ähnlich, wobei zu berücksichtigen ist, daß, wie C. Voit zuerst gezeigt hat, das N-Gleichgewicht mit um so kleinerer Menge Fleisch erreicht wird, je fetter ein Mensch ist. Ranke (fettreich) setzte sich mit 870—1300 gr Fleisch ins Gleichgewicht, Rubner (fettarm) erst mit 1139—1424 gr.

Beim Hund kann man bei niedrigen Lufttemperaturen mit Eiweißmengen dann ein stationäres Gleichgewicht erreichen, wenn der gesamte Energiebedarf durch das Eiweiß gedeckt wird (Rubner). Bei noch reichlicherer Zufuhr stellt sich der Fleischfresser auch mit noch höheren Eiweißmengen ins Gleichgewicht (C. Voit), aber nur unter starker Steigerung des Energieverbrauchs, bei Ausschaltung der chemischen Wärmeregulation mit einem Mehr von 40 Proz. der Kalorien (spezif.-dynam. Wirkung), nachdem vorher ein Ansatz von Eiweiß stattgefunden hat. Für den Menschen haben die nach überreichlicher Eiweißzufuhr eintretenden Erscheinungen keine Bedeutung, da eine derartige Kost wohl nie beobachtet werden wird.

Fett in steigenden Mengen neben Eiweiß gegeben, fördert den Eiweißansatz. Beim Menschen wurde beobachtet (Z. f. Biol. XV, S. 178):

Aufnahme pro Tag				
N	Fett	Kohlehydrate	N-Ausscheid. in Harn u. Kot	Ansatz von N am Körper
23,6	99	260	26,4	— 3,64
23,5	105	226	21,5	+ 1,85
23,0	214	221	18,5	+ 4,13
23,4	350	234	17,5	+ 5,75

Bei gleichbleibender Fettzufuhr bedingt Eiweiß, in steigenden Mengen gegeben, neben N-Ansatz eine Steigerung der N-Ausscheidung (C. Voit). Das

Eiweiß wird dabei zwar zerlegt und die N-haltige Komponente ausgeschieden, das N-freie Bruchstück des Eiweißes aber verbleibt im Organismus wohl als Glykogen, ev. wird es in Fett umgewandelt.

Analog verhält es sich auch bei Fütterung von Eiweiß- und Kohlehydratgemischen, nur ist die durch letztere zu erreichende Einsparung von Eiweiß viel bedeutender als bei der Eiweißfettkost. Die Eiweißzersetzung steigt auch bei steigender Eiweißgabe und gleichzeitiger Kohlehydratzufuhr an (C. Voit). Nach einseitiger Eiweißkost sammelt sich im Körper etwas Vorratseiweiß (zirkulierendes Eiweiß C. Voits) an, welches dazu dient, die Eiweißernährung aufrecht zu erhalten, bis die Verdauung und Resorption der Eiweißnahrung des folgenden Tages neues Nährmaterial in den Säftestrom bringt. Bei Mischkost (Fleisch-Fett, Fleisch-Kohlehydrat) ist eine nennenswerte Menge dieses Vorratseiweißes nicht nachzuweisen, auch nicht nötig. Der nach Eiweißkost folgende Hungertag oder selbst mehrere Hungertage zeigen also eine erhöhte Eiweißzersetzung, während sie bei der Mischkost fehlt.

Wirkung anderweitiger Stoffe.

Außer Eiweiß, Fett und Kohlehydrat kommen gelegentlich auch freie Fettsäuren zur Resorption; ihre Wirkung ist analog den Neutralfetten (J. Munk).

Manche Stoffe werden nur zum Teil zerlegt, wie z. B. die Pentosen, während ein anderer Teil unverändert im Harn austritt (M. Cremer, Z. f. Biol. 1892 XXIX, S. 484). Das Inulin (der Artischockenböden) ist nur dann resorbierbar, wenn das in der Pflanze enthaltene Ferment zur Inulinumwandlung nicht zerstört ist. Die Fleischextraktivstoffe treten mit einem kleinen Energieverlust (17 Proz.) im Harne unvermindert wieder aus, wie gegenüber den gegenteiligen Angaben von Frentzel und Toriyama, von Rubner und Bürgi (Arch. f. Hyg. LI, S. 9, 1903) gezeigt worden ist. Auch große Gaben von Extraktivstoffen haben keine nachteiligen Wirkungen auf den Körper (Lehmann, Arch. f. Hyg. III, S. 289). Der Alkohol läßt in mittleren Mengen in den ersten Tagen nach der Verfütterung die Eiweißzersetzung intakt oder steigert sie, bei längerer Darreichung vermindert er die erstere (C. Voit, Handb. der Ernährung, S. 170, und O. Neumann, Arch. f. Hyg. XLI, S. 85). Ein kleiner Teil des Alkohols gerät zu Verlust (nach Binz 10 Proz., nach Straßburger nur 3 Proz.), im übrigen verbrennt er im Körper und ersetzt also Fette und Kohlehydrate (Atwater, Memoirs of the National Acad. of sciences VIII, 6, S. 231, 1902). Das Sinken des O-Konsums nach Alkoholgenuß (v. Böck und Bauer, Z. f. Biol. X, S. 361) kommt wohl auf Rechnung des geringen Sauerstoffbedarfs, den Alkohol zu seiner Oxydation beansprucht. Bei völliger Berauschung durch Alkohol sinkt die Wärmeproduktion und die CO_2-Ausscheidung, wie Deplats gezeigt hat, natürlich nur dann, wenn es zu keinerlei Erregungszuständen dabei kommt.

C. Voit hat bewiesen, daß der Leim zwar Nährwert besitzt, indem er den Verlust von Eiweiß stark zu hindern vermag (Handbuch d. Ernährung. S. 122, siehe auch J. Munk, Virchows Archiv CI, S. 113), nach neueren Versuchen mindert er den Eiweißverbrauch um 25 Proz., er vermag aber nicht den N-Verlust ganz zu verhindern, im übrigen kann er energetisch für Eiweiß, Kohlehydrate und Fett usw. eintreten. Wie der Leim verhält sich nach C. Voit das leimgebende Gewebe bei Darreichung von Knochen, Knorpel und Sehnen (Etzinger) und Ossein (C. Voit). Die Sehnen werden vollkommen

verdaut. Leimpepton wirkt nach Gerlach eiweißsparend, kann aber auch Eiweiß nicht ersetzen (Gerlach, Über die Peptone in ihrer wissenschaftlichen und praktischen Bedeutung; Voß, Hamburg und Leipzig 1891).

Die Albumosen können die Eiweißstoffe vollkommen ersetzen (Pollitzer Pflügers Arch. 1885, S. 301). Die Peptone sind Mischungen verschiedener Spaltstücke des Eiweißes; ihre Wertigkeit hängt ganz davon ab, ob sie alle Spaltstücke unverändert enthalten, das ist offenbar nicht für alle Präparate anzunehmen. Ellinger konnte für Drüsenpeptone ihre Gleichwertigkeit mit Fleischeiweiß nicht dartun (Z. f. Biol. XXXIII, S. 190 und 215; siehe auch die Versuche von Feder in Voits Handbuch, S. 394). O. Löwi ist aber der Beweis geglückt, daß durch die quantitativ unveränderten Produkte der Pankreasselbstverdauung auch dann noch voller Ersatz für Eiweiß geleistet wird, wenn das Produkt keine Biuretreaktion gibt. Seine Ergebnisse sind von Abderhalden u. a. bestätigt worden.

Nach den neueren Anschauungen über die Resorption des Eiweißes zerfällt dieses bei der Verdauung zum Teil in die Spaltprodukte und letztere werden nach dem Durchtritt durch den Darm wieder aufgebaut. Der Nährwert der Albumosen und der unveränderten Spaltprodukte des Eiweißes ist also vollkommen verständlich, ebenso die Unfähigkeit des Eiweißersatzes durch Leim, der ganz anders aufgebaut ist, wie die echten Eiweißstoffe (s. o.). Weiteres siehe S. 139 unter biologischer Wertigkeit.

Änderungen des Kraftwechsels und der Stoffwechsel.

Änderungen des Kraftwechsels haben wir oben S. 63ff. und S. 68, vor allem durch thermische Einflüsse und durch Arbeitsleistungen hervorgerufen, kennen gelernt. Namentlich auf J. Liebig ist die Meinung zurückzuführen, daß bei jedweder Muskelarbeit Eiweiß die Kraftquelle darstelle. Dies konnte durch direkte Ernährungsversuche nicht bestätigt werden. Fick u. M. Wislicenus, C. Voit, Pettenkofer u. Voit und viele andere Experimentatoren haben einwandfrei gezeigt, daß bei Muskelarbeit normalerweise nur an N-freien Stoffen mehr umgesetzt wird, aber nicht mehr Eiweiß. Das gleiche gilt auch für die Kältewirkung bei chemischer Wärmeregulation (C. Voit, Rubner). Es gibt aber Fälle der Ernährung, in denen ausschließlich Eiweiß im Körper verbraucht wird, weil z. B. das Fett durch Abmagerung verloren ging, unter solchen Umständen kann Eiweiß ausnahmsweise als Kraftquelle dienen. Auch bei übermäßig starker Anstrengung kann eine deutliche Vermehrung des Eiweißverbrauches vorkommen.

Befindet sich der Körper auf dem N-Minimum, so hat starke Arbeit eine geringe Mehrung des Eiweißumsatzes zur Folge (Steigerung der Abnützungsquote), die aber als Quelle der Arbeitsleistung in keiner Weise in Betracht kommt (K. Thomas).

Erhöhung der Körpertemperatur hat wie ein Steigen des Gesamtkraftwechsels, so auch ein Steigen der Eiweißzersetzung zur Folge.

Wiederersatz und Ansatz von Stoffen.

Unter gleichbleibenden äußeren Lebensbedingungen ist der Stoffumsatz und Kraftwechsel beim Menschen oft jahrzehntelang nur sehr geringen Schwankungen unterworfen.

Ist ein Organismus durch ungenügende Nahrung stark herabgekommen, so kann die Aufgabe gestellt werden, wieder einen besseren Ernährungs-

zustand herbeizuführen. Dies kann natürlich nur erreicht werden durch einen Nahrungsüberschuß über den zur Deckung des täglichen Kraftwechsels (und des nötigen Eiweißes) nötigen Bedarf.

Es ist zwar richtig, daß man manchmal, auch ohne daß das ganze Energiebedürfnis gedeckt ist, einen Ansatz z. B. von Eiweiß sehen kann, aber solche Erscheinungen sind nur ganz temporärer Art und führen zu keiner wirklichen nachhaltenden Verbesserung des Ernährungszustandes.

Der Nahrungsüberschuß, der zum Ansatz führen soll, kann manchmal recht bescheiden sein; sollen aber schnelle Wirkungen erzeugt werden, so müssen die Überschüsse größer genommen werden.

Die Nahrungsüberschüsse, welche bei Ernährung mit Eiweiß, Fett oder Kohlehydrat Ansatz herbeiführen, sind wegen der spezifisch-dynamischen Wirkung der Nahrungsstoffe verschieden. Beim Menschen ist letzterer für

Eiweiß . . .	rund	+ 40	Proz. über den Hungerbedarf,
Fett	„	+ 14	„ „ „ „
Kohlehydrat .	„	+ 6	„ „ „ „

Erst ein Mehr über diesen Überschuß kann Ansatz bedingen und zwar ist dann

bei Eiweiß	der Ansatznutzeffekt . . .	rund	60	Proz.,
„ Fett	„ „ . . .	„	87	„
„ Kohlehydrat	„ „ . . .	„	94	„

Da der Mensch aber meist von gemischter Kost lebt, so sind die Größen der spezifischen Wirkung auch verschieden. Die mittlere Steigerung des Umsatzes mag rund 10 Proz. ausmachen, was darüber ist, kann dann zum Ansatz kommen. Nur für den Fall, daß man reichlich Eiweiß gibt, kommen andere Zahlenverhältnisse in Betracht.

Ein langdauernder Eiweißansatz ist schon bei einer Mischung von 30 Proz. Eiweißkalorien und 70 Proz. Kohlehydratfettkalorien zu erreichen; es wird sich empfehlen, nicht allzuweit über diese Grenze hinauszugehen, wenn es auch richtig ist, daß man mit einem Gemisch von 60 Proz. Eiweißkalorien und 40 Proz. Fettkohlehydratgemisch in kürzerer Zeit dasselbe Ziel erreichen kann (Rubner, Problem der Lebensdauer, 1908, S. 67). Auch C. Voit hat auf den Umstand schon hingewiesen, daß eine Beschränkung der Eiweißzugabe zweckmäßig sein kann. Die herabgekommenen Zellen füllen sich allmählich wieder mit lebender Substanz, aber nicht unbegrenzt. Der Zellkern reguliert wahrscheinlich die Grenze dieser Verbesserung des Ernährungszustandes. Zu einer eigentlichen Eiweißmast (im Sinne wie Fettmast) kommt es nicht.

Nur durch Übung der Organe, speziell der Muskeln, kann erfahrungsgemäß unter natürlichen Verhältnissen ein höher gehender Effekt des Ansatzes erzielt werden, nicht aber durch bloße Begünstigung des Eiweißansatzes in der Ruhe.

Sehr leicht gelangt ein Fettüberschuß zum Ansatz; in der ersten Zeit solcher reichlicher Fütterung können sogar dem Körper fremde Fette abgelagert werden, im allgemeinen sieht man aber doch immer wieder der Rasse und Spezies eigenartige Fette sich einlagern. Fettablagerungen von 45 Proz. in den Organen, neben gewaltigen Fettdepots im Unterhautzellgewebe sind keine Seltenheiten.

Die Kohlehydrate führen zunächst zur Glykogenablagerung, besonders die Leber kann bis 17 und 18 Proz. davon enthalten (Pavy, Schöndorff),

im Muskel finden sich bis 4 Proz. In extremen Fällen mögen bis 3,6 Proz. des Gesamtkörpers aus Glykogen bestehen, immerhin ein bescheidener Vorrat im Verhältnis zur Fettablagerung. Traubenzucker, Fruchtzucker, Stärke, Maltose, Galaktose, der Rohrzucker und Milchzucker sind in erster Linie Glykogenbildner, auch aus Eiweißstoffen kann Glykogen abgelagert werden.

Die Kohlehydrate sind aber zweifellos Fettbildner von hervorragender Bedeutung. Zuerst ist diese Umwandlung von Meißl, Strohmer und Lorenz für das Schwein erbracht worden (Z. f. Biol. 1886, XXII, S. 63), zu gleicher Zeit auch für den Fleischfresser (Rubner, Z. f. Biol. XXII, 1886). Ein Teil Stärke liefert sicher weniger als 0,46 gr Fett, aber die großen Mengen verzehrter Kohlehydrate sind doch imstande, erhebliche Fettablagerungen zu erzeugen.

Die Fettdepots wechseln mit dem Alter; in der Jugend verteilt es sich mehr gleichmäßig, im Alter dominiert das Bauchfett, was mannigfache Beschwerden herbeiführt.

Der Ablagerung von Fett aus Eiweiß, welche C. Voit (Münchener med. Wochenschrift 1892, XXXIX, S. 460), und Cremer (ebenda, 1897, S. 44) für den Fleischfresser betonen, dürfte für den Menschen im allgemeinen keine besondere Bedeutung zukommen.

Medikamente, Konservierungsmittel, Gifte.

Der Kaffeeabsud in Mengen, wie er als Getränk verwendet wird, ändert die Eiweißzersetzung nicht (C. Voit, Handb. d. Ernährungslehre, S. 174), nach Galzeau soll aber Kakao die Eiweißzersetzung etwas vermehren (Compt. rend. II, S. 799).

Chloroform, Chloral, Paraldehyd, Acetanilid, Salol, Thallin, Salizylsäure vermehren etwas den Eiweißumsatz, Antipyrin, Sulfonal, Trional, Curare, Benzoesäure, Borsäure haben keinen Einfluß; Chinin und Morphium setzen den Eiweißverbrauch etwas herab. Alle Medikamente, welche narkotische Wirkung haben und Schlaf erzeugen, setzen schon deshalb, weil sie die Körperruhe fördern, die Fettzersetzung herab; ebenso Curare durch Lähmung der Nervenendigungen im Muskel. Borsäure steigert die Fettzersetzung (Rubner).

Medizinelle Eisengaben lassen die N-Ausscheidung unberührt; ebenso Einreibungen mit Quecksilbersalbe, Arsen wirkt in kleinen Dosen nicht, wohl aber in toxischen Dosen auf den Eiweißumsatz ein.

Die Phosphorvergiftung steigert die Eiweißzersetzung stark unter abnormer Ausscheidung von Spaltungsprodukten des Eiweißes (Leuzin, Tyrosin). Die Fettzersetzung sinkt unter starker Verfettung der Organe (siehe bei Voit, l. c., S. 184).

Die anorganischen Nahrungsstoffe.

Das Wasser.

Das Wasser macht einen sehr erheblichen Bruchteil des menschlichen Körpers aus, 60 Proz. und mehr. Die Zellen enthalten bestimmte Wassermengen, ebenso die Säfte, die Lymphe, das Blut. Der Wassergehalt des ganzen Körpers unterliegt bestimmten Schwankungen, zeitweise findet eine Aufspeicherung von Wasser statt, bei fortgesetzter mangelhafter Ernährung, auch bei Entfettungskur kommt Wasser„ansatz“ vor, auch reichliches Wassertrinken vermag wenigstens in beschränktem Grade dem Körper Wasser einzuverleiben, Beschränkung der Wasserzufuhr schränkt auch den Wasservorrat etwas ein.

Das Wasser ist im Protoplasma gebunden, ebenso, wenn auch minder fest, in den Säften, endlich im Blut; wie es sich im Einzelfall verteilt, ist aber schwer zu sagen.

Wassertrinken in großer Menge erzeugt bei Tieren einen vermehrten Kraftwechsel, vorausgesetzt, daß sie keine Nahrung erhalten und die Harnbildung angeregt wird (Heilner, Z. f. Biol. XLIX, S. 38). Zugleich mit Nahrung aufgenommen, hat es keinen Einfluß auf den Kraftwechsel. Beim Menschen ist durch Wassertrinken in den Pausen zwischen den Mahlzeiten weder die CO_2-Ausscheidung erhöht, noch eine Steigerung der Wasserdampfabgabe nachzuweisen (Laschtschenko, Arch. f. Hyg. 1898, XXXIII, S. 145).

Der größte Teil des von den Menschen abgegebenen Wassers stammt aus der Nahrungsaufnahme, ein Teil stammt aus verbranntem Wasserstoff der letzteren. Der letztere macht nach C. Voit täglich 370 gr = $^1/_6$ des sonst in Harn, Kot und durch Lunge und Haut ausgeschiedenen Wassers aus. Versuche von Falck und Scheffer, ferner von Schuchardt und neuere von Czerny über die Folgen der Wasserentziehung sind ohne einwandfreie Resultate geblieben. Nach Untersuchungen, welche Nothwang in meinem Laboratorium angestellt hat, zeigen Tauben bei Ernährung, unter Wasserentziehung, schon am 2. Tage Unruhe und Zittern und gehen am 4.—5. Tage ein, während sie den Hunger allein viel länger ertragen. Der Wassergehalt der Organe nahm von 73 auf 66,6 Proz. ab. Die Wasserverdunstung war eingeschränkt, die Organe reicher an Extraktivstoffen, und letztere reicher an N, ClNa und Phosphorsäure. Nach Gürber nimmt bei austrocknenden Fröschen der Hämoglobingehalt zu. W. Straub hat gezeigt, daß der Eiweißumsatz bei Dursttieren ansteigt. Die Tauben Nothwangs starben, als sie 22 Proz. ihres Gesamtwassers verloren hatten und zeigten die ersten pathologischen Veränderungen bei 11 Proz. des Wasserverlustes.

Die Aschebestandteile.

Die einzelnen Organe des Körpers hinterlassen bei ihrer Einäscherung Salze, welche nach Menge und Art als charakteristisch angesehen werden müssen und durch die Nahrung zu decken sind. Schon S. 48 wurde berührt, daß man das, was man als „Salze" bezeichnet, in seiner Totalität gar nicht in den lebenden Zellen usw. vorhanden ist, sondern daß die Asche nur die nichtflüchtigen Verbindungen verschiedener am Aufbau des Körpers beteiligter Elemente liefert, die sonst sehr wohl in einem näheren Verbande mit dem Organischen gestanden haben können.

(Näheres s. bei Albu u. Neuberg, Physiologie und Pathologie des Mineralstoffwechsels, Berlin 1906.)

Zweifellos müssen alle Elemente, die wir in den Aschen finden, auch dem Körper und seinen einzelnen Organen zur Verfügung stehen, aber es genügt die einfache Zufuhr der Aschebestandteile nicht immer zur Befriedigung des Bedürfnisses. Phosphor oder Schwefel werden z. T. in den Eiweißstoffen und Nukleoproteiden, in Lezithin, als Zuckerphosphorsäure usw. zugeführt. Für das Eisen behaupten einige Autoren gleichfalls die Notwendigkeit einer Zufuhr in organischer Bindung. Bei den meisten Salzen dürfte aber ihre Verwendung oder die ihrer Komponenten im Organismus möglich sein, auch wenn sie als solche, als anorganische Verbindungen, eintreten; ihre Gruppierung freilich wird eine völlig andere werden, ein Teil geht nachträglich nähere Verbindungen mit organischen Substanzen ein.

Die Hauptmasse der Aschebestandteile (83 Proz.) sind im Skelett enthalten, der Rest (17 Proz.) verteilt sich auf den übrigen Körper. Der Zahnschmelz liefert 96,4, das Zahnbein 72, der Knochen 65,4, der Knorpel 3,4, die Muskeln 1,5, die übrigen Organe etwa 1 Proz. Asche in der frischen Substanz. Die Organe wählen also beim Wachstum selbst die Asche aus. Die Asche des Neugeborenen enthält nach Jc. Lange in 100 Teilen:

K_2O	6,54	Fe_2O_3	1,69
Na_2O	8,80	P_2O_5	37,61
CaO	38,89	Cl	6,36
MgO	1,37		

Der Neugeborene enthält, auf frische Substanz berechnet, 2,7 Proz. Asche; der Erwachsene 5,6 Proz., was sich im wesentlichen aus der späteren Verknöcherung des Skelettes begreift.

Daß die ungenügende Zufuhr von Aschebestandteilen Erkrankungen und den Tod von Tieren herbeiführen kann, hat zuerst Forster erwiesen. Bei Fütterung mit aschefreier Kost gehen Tauben in 13—29 Tagen, Hunde in 26—36 Tagen zugrunde; die Organe haben dann erst einen Teil ihrer Aschebestandteile verloren. Die Aschebestandteile wird man in festgebundene und in solche, die durch die Nahrung oft im Überschuß zugeführt werden, also nur zirkulierende trennen können. Letztere scheiden durch Harn und Kot aus, wobei die im Harn schwerlöslichen Kalksalze vor allem der Kot aufnimmt.

Von den Alkalien finden wir die Kaliverbindungen in den Organen, die Natronverbindungen in den Säften. Viel Kali führt dem Organismus die Pflanzenkost zu. Das Kochsalz ist im Organismus selbst nur in geringer Menge vorhanden, es wird aber in der Kost zum Teil in sehr großer Menge eingeführt und etwa ebenso rasch wieder im Harn ausgeschieden. Reichliche Zufuhr von Kochsalz kann dem Körper Wasser entziehen durch Mehrung der Harnmenge. Kleine Kochsalzmengen sollen die Magenverdauung befördern (Ogata, Arch. f. Hyg. III, S. 212).

Nach Bunge soll das Kochsalz die Aufgabe haben, die reichlichen Kaliphosphate aus dem Körper zu verdrängen, indem es sich in Chlorkalium und phosphorsaures Natron, beides Salze, die leicht aus dem Körper wieder austreten, umsetzt. Kochsalz hemmt etwas den Eiweißumsatz, wenn es dem Körper kein Wasser entzieht, und wirkt umgekehrt mehrend auf die Eiweißzersetzung, wenn es eine Mehrabgabe von Wasser hervorruft (H. v. Hößlin, Z. f. Biol. LIII, S. 91).

Die alkalischen Erden, namentlich der phosphorsaure Kalk und die phosphorsaure Magnesia, finden sich in kleinen Mengen in allen Geweben, in den Knochen aber sind 99,5 Proz. des Gesamtkalkes und 71 Proz. der Gesamtmagnesia eines Tieres abgelagert.

Kalkentziehung hindert bei wachsenden Tieren sehr rasch die Erhärtung der Knochen; ausgewachsene Tiere verlieren Kalk aus den völlig porös werdenden Knochen (Chossat, E. Voit).

Welche Erscheinungen die Magnesiaentziehung macht, wissen wir nicht; es ist erwiesen, daß das Kalkbedürfnis des Körpers durch anorganische Kalkverbindungen gedeckt werden kann.

Das Kalkbedürfnis beträgt

bei wachsenden Hunden kleiner Rasse	0,128 gr pro Tag
„ „ „ großer „	0,769 „ „ „

beim Kalb	10—13 gr pro Tag
„ Rind	0,320 „ „ „

(E. Voit, Z. f. Biol. XVI, S. 62).

Ein großer wachsender Hund soll nach Heiß täglich nur 0,043 gr Kalk benötigen.

Der normale Tierleib enthält weit mehr Kalk als Magnesia, nach Bunge sind in 100 Teilen Körperasche:

	CaO	MgO
beim säugenden Kaninchen	35,0	2,2
„ „ Hund.	35,8	1,6
bei saugender Katze	34,1	1,5
beim Neugeborenen	37,9	1,0 (W. Camerer).

Die verschiedenen CaO- und MgO-Mengen in einigen Nahrungsmitteln gibt nachstehende Zusammenstellung, welche nach den isodynamen Werten derselben annähernd für den Nahrungsbedarf eines Neugeborenen berechnet ist:

	CaO	MgO
Frauenmilch	0,20	0,04
Kuhmilch	1,20	0,16
Fleisch	0,03	0,14
Brot	0,08	0,28
Kartoffeln	0,11	0,21

Die Tabelle soll dartun, daß andere Nahrungsmittel als die Muttermilch keineswegs den Kalk und die Magnesia in richtiger Mischung liefern, ja daß sie zum Teil in absoluten Mengen viel zu wenig Kalk in die Kost einführen (Rubner, Vierteljahrsschrift f. gerichtl. Med., 3. Folge, XXIV, S. 10).

Im Jugendzustand ist die zureichende Zufuhr der Aschebestandteile zum Aufbau der Zellen von größter Wichtigkeit, im späteren Leben sind die Salzmengen, welche unbedingt nötig sind, sehr gering, weil es sich nur um den Ersatz kleiner, mit Harn, Kot und durch die Epidermis zu Verlust gehender Anteile handelt und möglicherweise die Salze zum Teil, nachdem sie an einer Stelle im Körper freiwerden, an anderer wieder gebunden werden können.

Von den Aschebestandteilen muß noch das Eisen erwähnt werden. Die Hauptmasse befindet sich im Hämoglobin des Blutes, beim Manne von 70 kg sind von etwa 3,1—3,3 g Eisen im Gesamtkörper 2,4—2,7 g im Blut. Im Harne treten nur 0,5—1,5 mg Eisen täglich aus, mehr im Darm. Ein Säugling nimmt in der Muttermilch täglich 3,3 mg Eisen auf. Bunge meint, die Eisenzufuhr müsse durch organische Eisenverbindung geschehen und der offenkundige Nutzen anorganischer Eisenpräparate auf die Blutbildung in krankhaften Zuständen beruhe nur auf dem Schutz, den das anorganische Eisen im Darm, durch die Beschlagnahme solcher Körper (z. B. Schwefelwasserstoff), welche sonst die organischen Eisenverbindungen zersetzen, ausübe; doch hält man neuerdings die Frage nicht für spruchreif. Sicher ist, daß Tiere bei eisenfreier oder eisenarmer Kost (z. B. wachsender Hund bei nur 4—6 mg Eisenzufuhr im Tag) nicht ausreichend Hämoglobin bilden (H. v. Hößlin, Z. f. Biol. XVIII, S. 612).

Stoffwechsel und Kraftwechsel beim Wachstum.

Unter Wachstum hat man die Gewichtszunahme unter Ausbildung neuer Zellen zu verstehen; der Vorgang ist bei den meisten Organismen mit den

wichtigen Kernteilungsvorgängen verbunden. Er ist mit der Teilung der ursprünglichen Zelle im wesentlichen abgeschlossen.

Das Wachstum ist eine Eigenschaft, welche manche einzellige Wesen zu jeder Zeit äußern können, bei den höheren Organismen ist es nur eine Episode des ganzen Lebens, die nach einer bestimmten Zeit mit der Reife des Tieres endet, ohne erneut auftreten zu können.

Das wesentliche Grundmaterial für das Wachstum bietet das Eiweiß. Die von der Natur zum Unterhalt des Wachstums bestimmten Eiweißkörper — in den Eiern für die Vögel, für die Säuger in der Milch — sind kompliziert zusammengesetzt. In den ersteren haben wir neben Albumin das Vitellin als phosphorhaltigen Eiweißstoff und analog in der Milch das Laktalbumin und das Kasein, letzteres auch zu den phosphorhaltigen Stoffen gehörig. Bei manchen Säugern kann schon bald nach der Geburt gemischte Nahrung aufgenommen werden. Das Wachstum eines Säugers muß in der ersten Periode des Lebens zwar nicht unbedingt mit der Muttermilch durchgeführt werden, auch andere Kost kann für erstere eintreten, doch gedeiht jede Spezies am besten mit der ihr spezifisch angepaßten Muttermilch. Wir dürfen bestimmt annehmen, daß alles, was über die Ernährungsmöglichkeit mit Eiweißderivaten gesagt und für den Ersatz der Abnutzungsquote ausgesprochen wurde, auch für das Wachstum gilt (s. S. 98).

Neben Eiweiß werden beim Wachstum sofort auch andere Stoffe direkt der Nahrung entnommen, so sicherlich Fett zur Fettablagerung und Zucker zur Glykogenbildung. Zum Wachstum gehören unmittelbar auch die anorganischen Bestandteile, kurzum, es zeigt uns eine Analyse des jungen Körpers, was zur Ernährung beim Wachstum notwendig ist. (Siehe die Körperzusammensetzung des Säuglings S. 50 und die der Asche S. 103.)

Die Zusammensetzung erwachsener Tiere (Maus, Kaninchen) und des menschlichen Säuglings, auf gleichen Fettgehalt berechnet, ergeben folgende Werte (siehe Rubner, Probleme des Wachstums, S. 140):

	Maus	Kaninchen in 100 Teilen	Säugling nach Camerer
Trockensubstanz	33,10	35,88	28,50
Asche	3,47	4,04	2,65
Fett	12,50	12,50	12,50
N	2,39	2,73	1,95

Der Säugling ist also gleich nach der Geburt noch etwas wasserreicher als ausgewachsene Tiere. Da sein Skelett noch nicht entwickelt ist, enthalten 100 Teile Trockensubstanz beim Säugling weniger Asche als reife Tiere. Für obige Fälle berechnet, treffen auf 100 Teile Trockensubstanz

bei der Maus	10,6	Proz. Asche
beim Kaninchen	11,2	„ „
beim Säugling	9,2	„ „

Die eigentliche Eiweißmasse ist trotz einer Reihe Verschiedenheiten bezüglich der einzelnen Organe aber bei einer Reihe erwachsener Säuger und beim Säugling übereinstimmend im N-Gehalt. Aus obigen Werten ergibt sich, auf 100 Teile fett- und aschefreie Trockensubstanz berechnet an N

bei der Maus	13,94	Proz.
beim Kaninchen	14,10	„
beim Säugling	14,60	„

Die Ernährungsvorgänge müssen sich also vor jenen im Körpergleichgewicht beim Erwachsenen durch die zum Aufbau notwendigen Stoffe auszeichnen.

Jeder wachsende Organismus hat neben den unmittelbaren zur Massenvermehrung dienenden Vorgängen seinen Kraftwechsel, ohne den kein Leben möglich ist, ebenso zu bestreiten, wie jedes ausgewachsene Wesen.

Die Beziehungen der Wachstumsvorgänge zum Kraftwechsel als Dissimilationsvorgang sind wandelbar, denn das Wachstum ist gleich nach der Geburt am größten und verliert sich allmählich bis zur vollendeten Reife des Körpers.

Das Wachstum läßt sich in seiner Intensität ausdrücken durch die Zeit, welche vergeht, bis eine Zelle oder ein Individuum sich verdoppelt. Bei den Mikroben ist diese Wachstumsgeschwindigkeit enorm, denn unter günstigen Verhältnissen kann in 9—10 Minuten eine Teilung vollendet sein. Die Zellen sind zunächst dann noch nicht immer von normaler Größe, sie erreichen auch diese schnell.

Die Wachstumsintensität ist auch bei vielen Säugetieren bestimmt worden (s. bei Abderhalden, Z. f. phys. Chemie XXVII, Generaltabelle, S. 462), es kommen dabei natürlich manche Schwankungen vor, da ja die Tiere nach ihrem Bedürfnis an die Mutter gehen und oft ungleich Nahrung aufnehmen. Auch andere Zufälligkeiten spielen bei diesen Beobachtungen über die natürliche Ernährung der Tiere mit. Die Zeitdauer der ersten Verdoppelung beträgt für solche Tiere, welche auf die Muttermilchernährung angewiesen sind:

bei der Maus	4 Tage
beim Kaninchen	6 „
bei der Katze	9 „
beim Hund	8 „
„ Schwein	16 „
„ Menschen	180 „
„ Schaf	12 „
„ Rind	47 „
„ Pferd	60 „

Die ungleiche Geschwindigkeit des Wachstums prägt sich auch bereits in der Verschiedenheit der Tragzeit aus. Freilich ist dabei zu berücksichtigen, daß die befruchteten Eier nicht bei allen Tieren sofort und in gleicher Weise sich entwickeln und außerdem bei der einen Spezies die Jungen reif, bei der anderen weniger reif ausgestoßen werden. Dieselbe beträgt

beim Kaninchen	28 Tage
bei der Katze	56 „
beim Hund	63 „
„ Schwein	120 „
„ Menschen	280 „
„ Schaf	154 „
„ Rind	285 „
„ Pferd	340 „

Berechnet man, wie viele Kalorien für Wachstum und Stoffwechsel verbraucht werden, bis die notwendige Verdoppelung des Gewichts (für die der Verdoppelung von 1 kg auf 2 kg) erreicht wird, so findet sich (näheres siehe Rubner, Probleme d. Lebensdauer, S. 159)

beim Pferd	4512 kg/kal p. kg
„ Rind	4243 „ „ „

beim Schaf	3936	kg/kal p. kg
„ Schwein	3754	„ „ „
„ Hund	4304	„ „ „
bei der Katze	4554	„ „ „
beim Kaninchen	5066	„ „ „
bei der Maus	5200	„ „ „
beim Menschen	28664	„ „ „

Die bis jetzt untersuchten Säugetiere bilden zusammen eine Gruppe, in der der Energieaufwand annähernd dieselben Werte gibt, obschon das Wachstum so sehr ungleich ist. Wesentlich abweichend verhält sich der Mensch, der fast siebenmal so viel Energieumsatz hat, ehe er das gleiche Ziel der Gewichtsverdoppelung erreicht.

Da weitere genauere Grundlagen, die zur Verwertung geeignet sind, nicht vorliegen, läßt sich nicht sagen, ob unter den Säugern noch andere Gruppenbildungen vorkommen, und ob etwa über die Gruppe der Anthropoiden weg eine Brücke zu den übrigen Säugern führt.

Ich nenne die Gruppenbildung hinsichtlich des Energieaufwandes beim Wachstum energetisches Wachstumsgesetz. Wir haben die Berechtigung zu der Annahme, daß die weiteren Gewichtsverdoppelungen nach der ersten mit derselben Gesetzmäßigkeit erfolgen, nur müssen die energetischen Werte mit jeder Verdopplungsperiode zunehmen, da das Wachstum sich fortwährend verlangsamt.

Die Ursache für das eigentümliche Verhalten der Tiere liegt darin, daß das Wachstum bei den Säugern in gleichartiger unmittelbarer Abhängigkeit zum Kraftwechsel steht. Je intensiver der letztere, um so intensiver ist bei ihnen auch der Ansatz von Eiweiß zum Aufbau des Körpers, nur der Mensch macht vorläufig eine Ausnahme.

Da sich das Wachstum in obigen Fällen als eng zusammenhängend mit dem Kraftwechsel erweist, so ist jener Anteil von Stoffen, welcher von der Gesamtsumme der Energie als Aufbaumaterial erübrigt wird, bei den Säugern, die in die Gruppe gleichen Energieverbrauchs in der Verdoppelungsperiode fallen, sehr ähnlich; nennen wir die Zahl, welche angibt, wieviel von 100 Kal. Nahrung zum Aufbau erübrigt wird, den Nutzungsquotienten, so beträgt er (in der ersten Zeit nach der Geburt)

beim Pferd	33,3
„ Rind	33,1
„ Schaf	38,2
„ Schwein	40,0
„ Hund	34,9
bei der Katze	33,0
beim Kaninchen	27,7
„ Menschen	5,2

Er ist also beim Menschen sehr gering. Die Nutzungsquotienten werden im späteren Verlauf des Wachstums immer kleiner.

Die Nahrungszufuhr muß bei dem Wachstum natürlich den zur Erhaltung nötigen Kraftwechsel überschreiten. Nennt man den Bedarf für den Kraftwechsel bei 15° und Ruhe = 100, so ist der Energiewert der ganzen Zufuhr, die also das Wachstum zu bestreiten hat

beim Pferd	189
„ Rind	211
„ Schaf	211
„ Schwein	212
„ Hund	202
bei der Katze	197
beim Kaninchen	194
„ Menschen	**120**

Man kann für die Säuger in runder Summe annehmen, daß in der ersten Periode des Wachstums doppelt so viel (202 Proz.) Energie aufgenommen wird, als der Erhaltungsdiät entspricht.

Das Wachstum einer Zelle wird hervorgerufen durch die besonderen Eigenheiten derselben, die wir nicht näher angeben können. Bei außerordentlich vielen Organismen ist die Zellteilungsgeschwindigkeit, soweit es sich um einzellige Wesen handelt, unter denselben biologischen Bedingungen (Temperatur, Nährstoffart, normaler Zellbeschaffenheit) konstant, d. h. in den aufeinanderfolgenden Generationen, soviel man bis jetzt weiß, dieselbe.

Dort, wo mehrere Zellen einen Organismus bilden, findet man (wahrscheinlich von bestimmten absoluten Größen solcher Wesen beginnend) mit zunehmender Größe eine abnehmende Wachstumsgeschwindigkeit, häufig dann überhaupt einen Stillstand des Wachstums und ein Fortleben in diesem wachstumslosen Zustand für längere oder kürzere Zeit.

An Hefezellen hat Verfasser verschiedene Tatsachen festgestellt, welche auf die Beziehungen zwischen Wachstum und Ernährung einiges Licht werfen (Rubner, Sitzungsber. d. kgl. preuß. Akademie d. Wiss. 1909, VI, S. 164ff.).

Dem Wachstum der Hefezellen voraus geht eine Anspeicherung von N-haltigen Nährstoffen, aber nicht jede solche Ablagerung erregt das Wachstum. Bedingend für letzteres zeigte sich eine bestimmte Menge N-haltiger Nährstoffe in der Lösung im Verhältnis zur Menge des N in den lebenden Zellen. Den zahlenmäßigen Ausdruck hierfür kann man Nährstoffspannung nennen. Für das Minimum der Nährstoffspannung findet man je nach der angewandten Art der Nährlösung verschiedene Zahlen, welche von dem wirklichen Nährwert der Lösung abhängen. Bei manchem N-haltigen Nährmaterial kann oft nur ein minimaler Bruchteil zum Wachstum verwendet werden, dann findet man natürlich eine hohe Nährstoffspannung und umgekehrt eine niedrige bei hohem Nährwert des N.

Die günstigste Nährstoffspannung zeigt, daß das Wachstum beginnt, wenn so viel Nährstoff vorhanden ist, daß ein voller Teilungsprozeß ohne Unterbrechung fortgeführt werden kann. Eine einfache Ablagerung N-haltigen Materials kann auch eintreten, wenn die Nährstoffspannung zum Wachstum nicht hinreicht. Eine Summierung solcher N-Ablagerungen, welche etwa durch mehrfaches Nahrungsangebot an aufeinander folgenden Tagen, das unterhalb der Wachstumsschwelle bleibt, führt nicht zum Wachstum. Die Nährstoffspannung muß also in einem bestimmten Momente ausreichend groß sein, um Wachstum anzuregen.

Nach den allgemeinen Fragen des Wachstums sollen noch die besonderen der Säuglinge kurz besprochen werden.

Der Neugeborene hat etwa eine Länge von 48—50 cm und ein Gewicht von rund 3,2 kg, es sinkt in den ersten 5—7 Tagen nach der Geburt durch die

Entleerung von Mekonium und zu geringer Nahrungsaufnahme. Am zehnten Tage ist das Geburtsgewicht wieder erreicht. Die weiteren Gewichtsveränderungen gibt nachstehende Tabelle.

Körpergewicht in Durchschnittswerten: zu Ende der betr. Wochen nach Vierordt in Grammen

1. Woche . . .	3228	12. Woche . . .	4874
2. „ . . .	3367	14. „ . . .	5151
3. „ . . .	3412	16. „ . . .	5529
4. „ . . .	3532	18. „ . . .	5748
5. „ . . .	3802	20. „ . . .	6072
6. „ . . .	3931	22. „ . . .	6390
7. „ . . .	4103	24. „ . . .	6785
8. „ . . .	4259	30. „ . .	7446
9 „ . . .	4440	40. „ . . .	8344
10. „ . . .	4600	50. „ . . .	9102
11. „ . . .	4755		

Bei einem Säugling von 4 kg beträgt die Nahrungszufuhr 429,7 kg/kal (Reinkalorien, abzüglich Kot), während die Erhaltungsdiät mit 325,5 kg/kal bestritten werden kann; der Energieüberschuß, mit dem in dieser frühen Periode des Lebens das Wachstum bestritten wird, ist also + 32,2 Proz.; beim Wachstum werden abgelagert 57,8 kg/kal.

Die durch die Nahrungszufuhr bedingte Steigerung des Kraftwechsels beträgt + 14,2 Proz. und für den Ansatz bleiben 17,8 Proz. der Nahrungszufuhr, so daß vom Überschuß über den Mindestbedarf 56 Proz. für den Säugling verwertet werden.

Während in der ersten Lebenszeit die durch das Wachstum bedingte Gewichtszunahmen sich um 0,7 Proz. herum bewegen, fallen sie gegen Ende des ersten Jahres bereits auf 0,1 Proz. pro Tag.

Die unterste Grenze für die Möglichkeit des Wachstums ist nur dann gegeben, wenn mindestens durch die Zufuhr der Bedarf an Nahrungsstoffen, nach dem Hungerstoffwechsel beurteilt, um 11,4 Proz. überschritten wird. (Rubner, Probleme usw. S. 107.) Der wachsende Säugling setzt alles Eiweiß, das die Abnützungsquote überschreitet, an, so daß die N-haltigen Stoffe — wenn sie nicht zu reichlich in der Kost vorhanden sind, nur zur Abgleichung der Abnützungsquote und zum Ansatz dienen. Gibt man mehr Eiweiß, so wird es wie die N-freien Stoffe für die allgemeinen Zwecke des Kraftwechsels verbraucht. (Rubner, l. c. S. 169.) Für die Abnützungsquote reichen 4 Proz. der Gesamtkalorien als Eiweiß dargeboten aus.

Unterschiede im individuellen Wachstum sind wohl meist von vornherein angeboren, eine reichliche Ernährung kann diese individuelle Eigentümlichkeit voll zur Entfaltung bringen, aber an sich die im Lebenden begründeten Eigenschaften nicht ändern, dagegen kann man durch langdauernde unzureichende Ernährung das Wachstum hemmen, so daß späterhin auch bei guter Ernährung kein Ausgleich mehr eintritt. Mutter und Kind sollen durch die Brust in unmittelbaren Kontakt treten. Der Neugeborene soll durch die Brusternährung noch ein Teil der Mutter bleiben, wenn er auch sonst bereits den äußeren Lebensbedingungen unterworfen ist. Wie das Kind sich ändert im Laufe der Monate, so ändert sich auch die Brustnahrung und paßt sich den jeweiligen neuen Bedürfnissen an (siehe auch unter Hygiene des Säuglings, Bd. IV).

Die Muttermilch in den ersten Wochen nach der Geburt enthält pro 100 g 1,52 Eiweiß, 3,28 Fett, 6,50 Milchzucker. (Siehe Söldner, Z. f. Biol. XXXIII, S. 43 u. 66, und Heubner u. Rubner, ebd. XXXVI, S. 44 u. XXXVIII, S. 328.) Das Eiweiß ist in der Muttermilch also außerordentlich spärlich vertreten und geht sogar bis auf 7,8 Proz. der Gesamtkalorien herunter; der N der Frauenmilch ist aber nicht einmal vollkommen in der Form von Eiweiß vorhanden, sondern zum Teil in der Form von N-haltigen Extraktivstoffen. 7—8 Proz. Eiweißkalorien genügen zum normalen Wachstum der frühesten Periode vollkommen, die Kuhmilchkost mit 27 Proz. Eiweißkalorien geht über den notwendigen Bedarf weit hinaus (l. c. S. 119). Soll ein herabgekommenes Kind wieder aufgefüttert werden, handelt es sich also um eine einfache Rekonstruktion der Zelle, so kann eine größere Eiweißrelation günstig wirken. Sobald die Kinder so weit entwickelt sind, daß sie gehen, steigt das Energiebedürfnis durch die Muskelleistung rasch an.

Das Wachstum ist bei den näher untersuchten Säugern dann zu Ende, wenn sie alle annähernd die gleichen Summen von Energien umgesetzt haben. Beim Menschen ist die Summe des Energieverbrauchs (pro kg) bis zu vollendetem Wachstum viel größer.

Über die Zunahme des Energieverbrauchs mit wachsender Körpermasse siehe S. 90.

IV. Abschnitt.

Die Kost in ihrer Wirkung auf den Körper.

Die Lebensmittel.

Die menschliche Ernährung hängt in ihrer Eigenart aufs engste mit den besonderen Leistungsbedingungen eines Volkes zusammen. Nomadische Völker haben noch heute eine von den seßhaft gewordenen verschiedene Ernährung. Die Grundlage der Ernährung des überwiegenden Teils der Bevölkerung des Erdballes gründet sich auf die Produktion der Bodenfrüchte.

Im Laufe der Jahrhunderte hat sich aber mancher Wechsel vollzogen; eingeleitet wurden die Veränderungen durch die großen geographischen Entdeckungen an der Grenze zwischen Mittelalter und Neuzeit, die Anlaß boten zum Blick in eine neue Tier- und Pflanzenwelt, wie in die Lebensbedingungen fremder Völker mit alter eigenartiger Kultur.

Die Europäer verdanken der Entdeckung Amerikas die Einführung der Kartoffel als Feldfrucht. Die Spanier hatten diese Pflanze schon 1580 mit nach der Heimat gebracht, aber nur ganz allmählich erkannte man den Wert dieser Frucht, die Erträgnisse von 12000—16000 kg pro Hektar liefert und vom 60. Breitegrad bis an die Grenzen Italiens gedeiht. Vielfach mußte ihr Anbau noch Mitte des 18. Jahrhunderts mit Gewalt durch die Behörden durchgesetzt werden. Heute übertrifft die Kartoffelproduktion Deutschlands jene aller Getreidearten zusammengenommen um das Doppelte. In manchen Gegenden stellt sie den größten Teil des Ernährungsmaterials der Bevölkerung.

Die Entdeckung Indiens und die Erforschung tropischer Länder überhaupt hat die Bevölkerung der alten Kulturländer mit einer Reihe von

neuen Gewürzen bekannt gemacht, die nun allmählich sich zuerst in die Küche der Vornehmen einbürgerten, dann aber auch großen Kreisen der Bevölkerung bekannt und bei der Verbilligung der Waren auch zugänglich wurden.

Vor allem aber hat die Aufschließung der Tropen zu einer allgemeinen Anwendung alkaloidhaltiger Erfrischungsmittel geführt.

Der Kaffeeverbrauch datiert aus der Mitte des 16. Jahrhunderts. Im Jahre 1555 wurde in Konstantinopel unter Soleiman dem Großen ein Kaffeehaus eingerichtet, in dem sich die Gelehrten ihr Stelldichein gaben. Der Tee wurde in der Tatarei, in Persien und China seit den ältesten Zeiten gewonnen, in Europa wurde er erst seit 1630, in England seit 1680, in Deutschland erst weit später importiert.

Der Rohrzucker ist seit ein paar Jahrhunderten Handelsware, aber erst seitdem man ihn aus Rüben hergestellt hat und im Inland produziert, hat er die Formen eines Volksnahrungsmittels angenommen. Der Kartoffelbau hat allmählich zu einer immensen Ausdehnung der Alkoholproduktion geführt.

Von besonderer Bedeutung ist das Verkehrswesen für die Lebensmittelbeschaffung geworden. Der Weltverkehr bringt heutzutage nicht nur die seltenen Waren in den Handel, sondern auch die billigen Produkte Mais, Reis, Weizen und Roggen, das Fleisch wird zwischen den großen Nationen aller Länder ausgetauscht und manche industriellen Länder, wie England, haben längst aufgehört, sich selbst verköstigen zu können, sind ausschließlich auf den Import angewiesen. Seit der Verbilligung der Frachten und der rationellen Bodenkultur der außereuropäischen Länder sind die Gewürze, namentlich auch Kaffee und Tee im Konsum, besonders in den letzten 50 Jahren enorm in die Höhe gegangen. Im Jahre 1836—1840 trafen in Deutschland pro Kopf der Bevölkerung und Jahr 0,004 kg Tee, heute 0,06, also fast das 15fache, bei Kaffee statt 1,01 kg im genannten Zeitraum, heute 3,03, bei Kakao statt 0,01, jetzt 0,52 kg. Der Import von Südfrüchten stieg von 0,06, auf 3,07 kg, in den letzten 10 Jahren hat der Früchte-Import aus Amerika enorme Dimensionen angenommen.

Das Gesagte genügt, um zu zeigen, wie sehr sich unter dem veränderten Weltverkehr die Ernährung der breiten Volksschichten geändert hat. Der Rohrzuckerverbrauch hat sich seit 1871 mehr als verdreifacht. Der Roggen ist in der Brotbereitung mehr und mehr von dem Weizen verdrängt.

Den Hauptanteil an der Veränderung der Ernährungsweise hat im wesentlichen die Stadtbevölkerung genommen, deren Zahl in den letzten Jahrzehnten, im Verhältnis zur Landbevölkerung, sehr im Steigen begriffen ist. Weit konservativer ist die Landbevölkerung, aber ganz konnte sie sich dem Umschwung der Verhältnisse doch nicht entziehen.

Fast einen ebenso großen Einfluß wie der Handel im Weltverkehr, vielleicht einen noch größeren, hatte hierauf die werbende Kraft, die der Kost der Kulturvölker innewohnt. Unter ihrem Einfluß ändert sich zuerst in den Städten des großen Weltverkehrs allmählich die Ortssitte und von einzelnen Zentren aus wird oft ein ganzes Land einer neuen Ernährungsweise erschlossen So ist gegenwärtig die Welt in einer allmählichen Transformierung der Ernährungsweise begriffen, deren Ende noch nicht abzusehen ist. Am konservativsten pflegt überall der Bauer zu sein, der die alten Ernährungsformen am zähesten festhält.

Die Naturprodukte sind in ihrer Zusammensetzung variabel, was oft von der Güte des Bodens, dem Klima, der Witterung, von der Spielart der

Tiere und Pflanzen, von der Art der Gewinnung und Verarbeitung der Nahrungs- und Genußmittel abhängig ist. Aus den Rohprodukten werden durch die Nahrungsmittelindustrie verschiedene Waren, auch Dauerwaren hergestellt, oder geradezu Kunstprodukte und Nachbildungen der natürlichen Materialien versucht. Nahrungs- und Genußmittel und Erfrischungsmittel sind gelegentlich die Quelle von Erkrankungen oder selbst die Ursache des Todes.

Die Erkrankungen durch ungesunde Nahrungs- und Genußmittel entziehen sich bezüglich ihrer Häufigkeit unserer Erkenntnis, weil einerseits die unmittelbar und akut folgenden Erscheinungen meist keine sehr bedrohlichen sind, die folgende Appetitlosigkeit oder Ausstoßung aus dem Darmkanal ein selbsttätig der Heilung zustrebendes Prinzip darstellt, und weil diese Erkrankungsformen so häufig sind, daß sie „alltäglich“ erscheinen.

Doch nehmen sie bisweilen einen heftigen Charakter an. Solche explosionsartig und epidemisch auftretende Vergiftungen sind es, welche für einige Zeit wenigstens das Interesse für die behandelten Fragen wachrufen. Dahin gehören die Fälle von Fleischvergiftung, die Fälle von Wurstvergiftung (Botulismus), die Trichinose, die Kriebelkrankheit, die Pellagra, die Buttervergiftungen. Wo aber solche Erkrankungen mit einer gewissen Regelmäßigkeit wiederkehren, verliert sich, trotz der großen Zahl von Opfern, welche sie auch fordern mögen, das Interesse an denselben. So verhält es sich mit der auf einer Ernährungsstörung beruhenden, zahllose Opfer in jedem Jahre fordernden Sommerdiarrhöe. So verhält es sich aber oft auch mit der Fleischvergiftung bei Erwachsenen.

Die Verderbnis der Nahrungs- und Genußmittel ist zum Teil eine autochthone; sehr viele gehen bei genügender Feuchtigkeit und geeigneter Temperatur, sich selbst überlassen, in Zersetzung über, für unsere Sinne mehr oder minder offenkundig, das Fleisch fault, Gemüse zersetzen sich unter Erzeugung schlecht schmeckender Zersetzungsprodukte, Brot und Früchte werden durch Schimmelpilze ungenießbar. Bisweilen dienen die Nahrungsmittel auch bestimmten Parasiten als Wohnort. Die Trichinen und Finnen bewohnen das Muskelfleisch, der Echinokokkus hauptsächlich die Leber, Claviceps purpurea das Getreidekorn. Nicht minder häufig aber dürften die Nahrungsmittel bei der Übertragung von Krankheitskeimen eine wichtige Rolle spielen (Milzbrand, Rotz, Tuberkulose, Typhus usw.).

Ungleich häufiger als durch die autochthone Verderbnis der Nahrungs- und Genußmittel wird unsere Gesundheit ein Opfer der Verfälschungen, welche die ersteren erleiden. Die Gefahren durch die Nahrung sind äußerst mannigfaltige. Die Hygiene hat auch die Maßregeln anzugeben, durch welche diese auf mannigfachen Wegen zustande kommenden Schädlichkeiten erkannt oder im allgemeinen ihre Entstehung verhütet werden kann.

Das öffentliche Interesse verlangt dringend, daß der Staat den Schutz der Nahrung übernimmt. Der Schutz ist nur wirksam, wenn die zum Verkaufe ausgebotenen Nahrungs- und Genußmittel häufig untersucht werden und zwar durch Behörden, welche Gewähr für die Erkenntnis von Verfälschungen bieten; ferner, wenn die Verkäufer strafbar sind, auch wenn sie nicht selbst die Fälschung vorgenommen, sondern nur verabsäumt haben, sich über die normale Beschaffenheit der Ware zu unterrichten, endlich, wenn das Publikum so weit durch öffentliche Belehrung unterrichtet wird, daß es im Zweifelsfalle die zur Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln eingerichteten Anstalten sofort in Anspruch nimmt.

In größeren Städten ist es zum Zwecke der Beaufsichtigung und Durchführung der Nahrungsmittelkontrolle wünschenswert, den Verkauf von Nahrungsmitteln in eigens errichteten Schlachthäusern oder auch in Markthallen und offenen Märkten zu konzentrieren.

Vor allem wäre wichtig, daß das Nahrungsmittelgewerbe, auch was die Aufbewahrung der Materialien anlangt, einer schärferen Kontrolle unterworfen werde.

Die Produktion der Nahrungs- und Genußmittel.

Die Möglichkeit der guten Ernährung eines Volkes ist nur gegeben, falls die Nahrungs- und Genußmittel billig, ihre Produktion oder der Import genügend sind. Der Staat hat daher das lebhafte Interesse, zunächst der Wahrung der Produktion sein Augenmerk zuzuwenden; es decken sich hierin hygienische und volkswirtschaftliche Aufgaben so sehr, daß es nicht leicht sein dürfte, zu entscheiden, wo das Schwergewicht der Verantwortung ruht.

Alles, was die Urproduktion zu heben in der Lage ist, bringt der Nahrungsmittelproduktion Nutzen. Die Landgewinnung und Urbarmachung schlechten Bodens, die Förderung der landwirtschaftlichen Kenntnisse, die Verbesserung der landwirtschaftlichen Maschinen, Umgestaltung veralteter und unzweckmäßiger Einrichtungen des Mühlengewerbes, Einführung neuer ertragreicher Pflanzen, Hebung der Viehzucht, Gewinnung von Düngemitteln (Kalisalze, Stickstoff), dies alles sind Vorgänge, an deren Erfolg im weiten Sinne auch die Hygiene Anteil nimmt und welche ihren Zwecken zugute kommen.

Die Erfolge in der Nahrungsmittelvermehrung werden sich aber auch noch auf anderen Wegen erzielen lassen, indem die Methoden der Gewinnung von Nahrungsstoffen aus Materialien, welche für den menschlichen Genuß untauglich sind, sich verbessern. Welch kolossaler Umschwung hat sich in dieser Hinsicht z. B. bei der Rohrzuckerindustrie vollzogen; die nahezu völlig unverwertbare Zuckerrübe liefert einen Nahrungsstoff, der mit Rücksicht auf seine Reinheit äußerst billig genannt werden kann. Bei der Herstellung des Mehles fällt vielfach mehr an Stoffen ab, als man wünschen muß; die Verbesserung des Mahlverfahrens wird diesem Übelstand steuern helfen. Auch bei den Genußmitteln werden derartige Fortschritte wesentlich bemerkbar; in früheren Zeiten war die Herstellung eines gleichmäßig gearteten Bieres unmöglich und alljährlich wurden große Mengen sauren Bieres verloren und vernichtet. Diese Gefahren sind durch Verbesserung der Methodik beseitigt. Nicht minder bedeutungsvoll sind die Methoden des Petiotisierens und Chaptalisierens für die Herstellung guter und billiger Weine geworden.

Eine nicht unwichtige Quelle der Nahrungsmittelvermehrung bildet ihr Import aus überseeischen Ländern; es werden nicht nur Vegetabilien und Genußmittel allerart, sondern seit den letzten Jahrzehnten auch frisches Fleisch importiert. Der Import ist stets ein Notbedarf und nur bei Versiegen der Nahrungsquellen eines Landes gerechtfertigt. Gegen den Import wird geltend gemacht, daß eine Garantie für gesundes Fleisch nicht übernommen werden kann, weil die Fleischbeschau bei Begutachtung einzelner Fleischteile naturgemäß auf große Schwierigkeiten stößt.

Durch das stete Streben nach Verfeinerung der Genüsse, dem im Prinzip etwas gesteuert werden müßte, entstehen vielfach aber unbeabsichtigt auch günstige Folgen. Man sieht, wie beim Verkaufe des Fleisches in großen Städten z. B. die einzelnen Teile eines Rindes äußerst verschieden bewertet werden. Die

von den besser situierten Klassen gekauften Stücke werden ganz unverhältnismäßig hoch bezahlt, ohne daß dazu in der Tauglichkeit zur Ernährung irgendeine Veranlassung gegeben wäre. Die Stücke zweiter Qualität werden dadurch wesentlich billiger abgegeben. Ebenso verhält es sich bei dem Vermahlen des Mehles in der Hochmüllerei. Die feinen Auszugmehle werden außerordentlich hoch bezahlt, die für den Minderbemittelten gleich wertvollen Brotmehle sind sehr billig. Wir sehen in diesen Beispielen, wie in vielen Fällen eine gewaltige Selbstbesteuerung der vermöglichen Klassen zur Durchführung kommt und so die Beschaffung des Nahrungsbedarfes den Minderbemittelten erleichtern hilft.

Die Beschaffung billiger Nahrungsmittel wird in großen Städten durch den übermäßig ausgedehnten Zwischenhandel geradezu unmöglich. Die notwendigsten Bedürfnisse werden oft unglaublich verteuert und der Fälschung Tür und Tor geöffnet.

Von den Nahrungsmitteln ergeben sich behufs Verarbeitung zu Speisen vielerlei Abfälle, von den Speisen selbst wird wiederum nur ein Teil verzehrt und eine nicht unerhebliche Menge geht ungenützt zugrunde. Diese Verluste sind im ganzen genommen recht bedeutende und lassen sich gewiß wesentlich einschränken. Zur Herstellung von manchen Genußmitteln, wie des Alkohols, des Weines und Bieres, werden Nahrungsmittel dem Genusse entzogen; die Kartoffel, Gerste, Trauben könnten ja auch direkt zur Ernährung verwendet werden.

Eine Quelle großer Verluste an Nahrungsmitteln besteht in dem freiwilligen Verderben dieser Stoffe durch Selbstzersetzung.

Ein Mittel, die Nahrungsmittel zu verbilligen und reine Ware zu garantieren, sind die vielfach eingebürgerten Konsumvereine.

Über die Zusammensetzung der Nahrungs- und Genußmittel und Erfrischungsmittel gibt der spezielle Teil der Nahrungsmittellehre (s. Mayrhofer) Auskunft, insbesondere auch hinsichtlich der häufigst vorkommenden Verfälschungen und ihres Nachweises.

In nachfolgender Tabelle sind nur die mittleren Werte in runden Zahlen für die organischen Stoffe aufgeführt; betreffs Wasser und anorganischen Bestandteilen siehe den speziellen Teil. Die Kalorienwerte sind nach den Standardzahlen berechnet, was für die allgemeinen Aufgaben der Kostbestimmung genügend ist.

Wichtige Produkte sind die Milch und die aus ihr hergestellten Waren.

100 Teile frisch enthalten:

Bezeichnung	Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrat g	Wärme-einheiten kg/kal
Muttermilch	1,5	3,3	6,5	62
Molke	0,8	0,2	4,6	24
Zentrifugenmilch	3,4	0,3	4,8	37
Buttermilch	3,8	1,2	3,4	41
abgerahmte Milch	3,2	0,8	4,9	41
Kuhmilch	3,4	3,6	4,8	67
Topfen (Quark)	24,8	7,3	3,5	182
Rahm	3,7	25,7	3,5	268
Fettkäse	27,2	30,4	2,5	404
Butter	0,9	83,1	0,5	779

Die Milch und ihre Produkte eignen sich zu allen möglichen Ernährungsaufgaben, da wir in ihnen die verschiedenartigsten Kombinationen an Nahrungsstoffen vor uns haben.

Von den Hühnereiern und ihren Nährwert hat man gewöhnlich ganz übertriebene Vorstellungen. Ein Ei enthält im Durchschnitt so viel Eiweiß wie 150 g Milch, und an Kalorienwert etwa doppelt so viel als die Milch. Ein Ei hat im Durchschnitt 50 g Gewicht.

100 Teile Hühnerei enthalten:

	im Dotter	im Eiweiß	ganzes Ei
Eiweiß	15,4	13,3	14,1
Fett	28,8	—	10,9
kg/kal	344	55	159

Fleisch und Fleischwaren sind hauptsächlich eiweiß- und meist auch fettreiche Nahrungsmittel.

100 Teile frisch enthalten:

Bezeichnung	Eiweiß g	Fett g	kg/kal
Schellfisch	17,1	0,3	73
Kalbfleisch (mager) . .	19,8	0,8	89
Feldhuhn	25,3	1,4	98
Ochsenfleisch (mager) .	20,6	1,5	98
Hase	23,3	1,1	106
Hering	10,1	7,1	107
Schweinefleisch (mager).	19,9	6,8	145
Kalbfleisch (fett) . . .	18,9	7,4	146
Huhn (fett)	18,5	9,3	162
Flußaal.	12,8	28,4	317
Ochsenfleisch (fett) . .	16,9	27,2	327
Schweinefleich (fett) . .	14,5	37,3	406
Gans	15,9	45,6	489
Speck	—	95,3	886

Von einigen Schlachtabgängen mag noch erwähnt sein:

100 Teile frisch enthalten:

Bezeichnung	Eiweiß g	Fett g	kg/kal
Bröschen	28,0	0,2	117
Zunge	14,3	0,4	62
Lunge	15,5	2,5	87
Herz	18,2	2,5	98
Niere	18,5	8,0	150
Milz	17,8	3,9	109
Leber	20,0	3,6	115

Die Knochen enthalten 15 bis 20 Proz. leimgebendes Gewebe und 0,5—20 Proz. Fett, welche größtenteils durch Auskochen gewonnen werden können.

100 g frisch enthalten:

Bezeichnung	Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrat g	Holzfaser g	kg/kal
Weizenmehl	10,2	0,9	74,7	0,3	357
Roggenmehl	10,9	4,8	70,5	1,2	383
Maismehl	14,0	3,8	67,6	3,1	382
Reismehl	6,9	0,5	77,6	0,1	351
Bohnenmehl	23,2	2,1	58,9	1,8	363
Erbsenmehl	25,7	1,8	57,2	1,3	362
Linsenmehl	25,7	1,9	56,8	2,1	364
Kartoffel	2,1	0,1	21,0	0,7	98
Gelbe Rüben	1,0	0,2	9,4	1,4	50
Kohlrabi	2,9	0,2	8,8	1,8	57
Wirsing	3,3	0,7	6,0	1,2	48
Spinat	3,1	0,5	3,3	0,8	34
Kopfsalat	1,4	0,3	2,2	0,7	20
Rettich	1,2	0,1	0,9	0,7	12
Birnen	0,4	—	12,0	4,3	69
Trauben	0,6	—	12,5	3,6	68
Walnüsse	16,4	62,7	6,2	7,9	707
Champignon	2,6	0,1	4,8	0,7	34

Die Vegetabilien scheiden sich, wie man sieht, im Gehalt an Nährstoffen in zwei Gruppen. Die wertvolleren sind die Körnerfrüchte, während Knollengewächse und blattartige Gewächse, Pilze, Obst im Nährwert wegen ihres hohen Wassergehaltes sehr zurücktreten.

Die Animalien, vor allem Fleisch, versorgen uns im wesentlichen mit Eiweiß und Fett, die Vegetabilien vor allem mit Kohlehydraten; die natürliche Kost, die Milch, zeigt die drei Hauptgruppen der Nahrungsstoffe, Eiweiß, Fett und Kohlehydrat, gemischt. Die aus Animalien und Vegetabilien zusammengesetzte Kost nennen wir kurzweg auch gemischte Kost; sie erlaubt uns die drei Hauptnahrungsstoffe in beliebigen Verhältnissen den menschlichen Bedürfnissen anzupassen.

Unentbehrlich für jede Kost ist die Beigabe von Genußmitteln, zu welchen auch das Kochsalz zu zählen ist.

Von den Gewürzen gehen meist nur einzelne Bestandteile bei der Speisebereitung in die Kost über.

Bei den Erfrischungsmitteln, Tee, Kaffee, wird nur das Extrakt genossen, anders beim Kakao, der im ganzen aufgenommen wird und ja auch nährende Bestandteile enthält.

Von 100 Teilen gebrannten Kaffees werden durch Wasser gelöst 25,5 Teile und zwar 3,12 Teile N-Substanz, 5,18 Teile Öl, 13,14 Teile N-freie Extraktstoffe (etwa Kohlehydrat) 4,06 Teile Asche. Zu einer Tasse Kaffee verwendet man 15 g Bohnen, welche dann 0,26 g Koffein liefern.

Von 100 Teilen Tee werden in Wasser gelöst 33,4 Teile mit 11,68 Teilen N-Substanz, 16,57 Teile N-freien Extrakt, 3,44 Teile Asche. Zu einer Tasse Tee nimmt man 5—6 g Blätter, sie enthält etwa ebensoviel Koffein, wie eine Tasse Kaffee nach oben angegebener Herstellung.

Die Kokablätter enthalten 0,02—0,2 Proz. Kokain und dienen in manchen Gegenden Amerikas als Ersatz für Kaffee oder Tee. Die Kolanüsse sind wirksam durch Koffein und Theobromin.

Der Kakao enthält:

Fett	45,0—49,0	Proz.
Stärke	14,0—18,0	„
Zucker	0,6	„
Zellulose	5,8	„
Eiweiß	13,0—18,0	„
Theobromin	1,2—1,5	„
Koffein	1,2—1,5	„
Asche	3,12	„

Die alkoholischen Getränke müssen bei der Beurteilung der Nahrung unbedingt mit berechnet werden. 1 g Alkohol gelöst, wie er in den Getränken enthalten ist, liefert 7,03 kg/kal.

100 g enthalten:

Bezeichnung	Alkohol g	Eiweiß g	Extrakt g	kg/kal
Bayrisches Bier	3,45	0,61	4,4	44,6
Pilsner Bier	3,46	0,40	4,8	45,6
Berliner Weiße	3,91	—	4,8	48,0
Bockbier	4,07	0,71	6,2	70,2

Die Weine enthalten außer dem Alkohol in der Regel keine anderen Bestandteile, welche für die Betrachtung der Ernährung zu berechnen wären.

An Alkohol enthalten bekannte Weinsorten in 100 ccm:

Tiroler Rotwein	11,0	Gewichts-Proz.	= 77,3	kg/kal
Frankenwein	7,01	„	= 49	„
Französischer Rotwein	8,16	„	= 57	„
Elsässer (weiß)	6,44	„	= 45	„
Rheingauer	8,12	„	= 57	„
Pfälzer	8,54	„	= 60	„
Mosel	7,4	„	= 52	„

Tokayer, Portwein, Madeira, Sherry enthalten noch 2—5 Proz. Zucker, der Champagner bis 11 Proz.

Der Trinkbranntwein aus Kartoffel enthält 25—45 Proz. Alkohol. Kognak enthält 40—55 Proz., Rum bis 77 Proz., die demgemäß beurteilt werden müssen.

Bei vielen Nahrungsmitteln besteht die käufliche Ware nicht aus dem Nahrungsmittel, das den Namen gibt, sondern enthält dem Handelsgebrauch gemäß manchmal noch minderwertige Zugaben. So z. B. beim Rind-, Kalbfleisch usw., das immer noch Knochen und Fettstücke zugeteilt erhält, bei den Fischen, welche ihre gesamte Eingeweide noch enthalten, bei den Gemüsen, Kartoffeln usw., bei deren Vorbereitung zu den Speisen unbrauchbare Teile entfernt werden.

Die Menge und Art dieser Abfälle bei der Zubereitung müssen im Durchschnitt bekannt sein, wenn man das, was tatsächlich genossen wird, beurteilen will. Manchmal werden schon in der Großindustrie solche erfahrungsgemäß unverdauliche Dinge beseitigt, wie die Kleie bei der Vermahlung des Getreides.

100 Teile Fleisch vom Schlächter bezogen, bestehen aus nur 83 Teilen reinem Fleisch, 9 Teilen gröberem Fett und 8 Teilen Knochen, im Detaileinkauf erhält man bis zu 25 Proz. Knochen und mehr. Bei manchen Fischen treten bei der Zubereitung erhebliche Verluste von 14—60 Proz. ein, am wenigsten beim Aal, viel beim Hecht und Schellfisch. Bei der Entschalung von Früchten und dem Entkernen geht $^1/_4$—$^1/_2$, manchmal noch mehr an Gewicht verloren. Viel verlieren Blattgemüse, Salate, Spargel bei der Zubereitung, am wenigsten noch die Kartoffel.

In den allerseltensten Fällen genießt man die Nahrungsmittel wirklich frisch, schon der Handel und Zwischenhandel verzögern die Übermittelung des produzierten Materials oft sehr erheblich.

Fleisch muß zum mindesten so lange lagern, bis es die Totenstarre überstanden hat, nur so ist es überhaupt marktfähig. Man läßt es auch, besonders Geflügel und Wildbret an der Luft hängen, um es weicher zu machen. Dabei findet eine Autolyse statt, welche die Fleischmasse selbst so lockert, daß sie beim Kauen leicht zerfällt, auch wenn das Fleisch gar gekocht ist. Allerdings besteht auch die Gefahr, daß Bakterienwucherungen schädliche Veränderungen herbeiführen. Bei an sich gesunden Tieren beschränkt sich die Fäulnis nur auf die oberflächlichen Teile, bei Tieren, deren Blut im Moment des Tötens aber bereits Bakterien enthielt, kann bei dem Aufbewahren eine so hochgradige Veränderung des Fleisches vorkommen, daß Vergiftungen entstehen. Fleisch im gehackten Zustand darf nicht weiter aufbewahrt werden, weil es durch die Vermischung der oberflächlich stark infizierten Teile mit den übrigen vorher bakterienfreien in raschester Zeit Fäulniserscheinungen zeigen muß.

Bei der Milch gibt uns die Säuerung ein gutes Kriterium zur Beurteilung ihrer Frische; die pasteurisierte, d. h. auf 70° erwärmte Milch verliert das Vermögen der Säuerung, aber nicht das eines anderweitigen Wachstums von Bakterien und bietet daher kein sicheres Kriterium für die Beurteilung ihrer gesundheitlichen Intaktheit.

Eier verderben bei langem Aufbewahren und sind überhaupt durch die Schale nicht genügend vor dem Eindringen selbst pathogener Keime geschützt. Körnerfrüchte und Mehle lassen sich leicht unversehrt aufbewahren. Bei Früchten ist die längere Aufbewahrung zum Zwecke des Nachreifens notwendig. Gemüse sind im großen und ganzen nicht sehr schnell dem Verderben ausgesetzt; doch bestehen viele Unterschiede. Kartoffel, Rüben usw. können trotz ihres hohen Wassergehalts bei Kellertemperatur lange Zeit genußfähig bleiben.

In vielen Fällen versucht man durch künstliche Mittel die Dauer der Genußfähigkeit der Nahrungsmittel zu verlängern, man nennt dies Konservierung des Nährmaterials. Im allgemeinen ist der Grundsatz festzuhalten, frisches Material dem konservierten vorzuziehen.

Die Konservierungsmethoden ermöglichen es, nicht nur den Überschuß der Produktion heimischer Nahrungsmittel gleichmäßig zu verteilen, sie sollen auch den Zweck erfüllen, überseeisches Material, das im rohen Zustande nicht exportfähig ist, zur Handelsware zu machen.

Die Konservierungsmethoden bestehen in dem Trocknen wasserreichen Materials; Fleischtrocknung hat sich nicht bewährt, wohl aber ist dieses Verfahren für Eier und Milch geeignet, zu den Trockenkonserven gehören auch die getrockneten Gemüse, getrocknete Früchte allerart. Der Nährwert

dürfte im allgemeinen nicht unter der Trocknung leiden, wohl aber mindert sich das Aroma manchmal sehr erheblich, wie z. B. bei den Gemüsen, die einen heuartigen Geruch annehmen.

Als Trocknung ist im gewissen Sinne auch das Einlegen in Salz aufzufassen, es bezweckt solche Konzentrationen herzustellen, daß Mikroorganismen sich nicht mehr entwickeln können. Das Verfahren ist von dem Kaufmann Pökel zuerst für Fleisch benützt worden und wird heute meist so ausgeführt, daß Kochsalz und Salpeter angewendet werden.

Beim Fleisch bildet sich dann eine besondere in der Hitze nicht veränderliche Hämoglobinverbindung, es bleibt rot (Schinken); es verliert je nach Konzentration des angewendeten Salzes mehr oder minder viel von seinem Gewicht, von Salzen, namentlich Phosphaten und vom Fleischextrakt. Die Pökelung kommt also nur unter Verlust nicht unwesentlicher Nahrungsstoffe zustande.

Auf ähnlichem Prinzip beruht die Anwendung starker Zuckerlösungen zur Früchtekonservierung; hochkonzentrierte Lösungen lassen keinerlei Mikroben Gelegenheit zum Wachstum. Das Aroma wird hier besser erhalten als bei der Trocknung mancher Früchte; die Konserven müssen trotz Zuckerzusatz vor der Berührung mit Staub geschützt werden. Im großen Stil wird das Eindicken der Milch mit Zucker vorgenommen, ein gesundheitlich ganz unbedenkliches Verfahren (kondensierte Milch).

Das einzige Mittel, welches die Lebensmittel in allen ihren Eigenschaften intakt erhält, ist die Kälte, aber nur, wenn die Temperatur von *mehreren Graden unter Null* dauernd beibehalten wird. Fleisch konserviert man im gefrorenen Zustande beliebig lange (Import aus Australien, Südamerika usw.), es muß aber nach dem Auftauen alsbald Verwendung finden.

In größerem Umfang sind jetzt bei den Markthallen auch Kühlhallen in Anwendung gekommen; wenn aber die Temperatur nicht genügend niedrig gehalten wird, um alle Entwicklung der Bakterien auszuschließen, ist ein Fortschritt hinsichtlich der Beschaffung gesunder Nahrung nicht erreicht, nur wenn sie auf 0° oder besser einige Grade unter 0° sinkt, wird dieses Ziel erreicht. Allgemein benutzt ist die Sterilisierung von Nahrungsmitteln oder auch fertigen Speisen in Blechbüchsen usw. auf etwa 106° und nachheriger Verlötung (Büchsenkonserven) oder anderen keimdicht verschließbaren Gefäßen. Einzelne Fälle von Verderbnis sind bei dieser Methode nicht ausgeschlossen.

Die Verwendung von chemischen Desfektionsmitteln wie Borax, Borsäure, schwefligsaure Salze und schweflige Säure, Salizylsäure, Ameisensäure, Formaldehyd, Fluornatrium usw. ist zu verbieten.

Eine gesundheitsunschädliche Konservierung ist die Räucherung von Fleischwaren, besonders dort, wo es sich um ihre Anwendung auf große, sonst intakt gelassene Objekte (Rücken, Schenkel, Speckmassen) handelt. Hat vorher eine Zerkleinerung des Fleisches stattgefunden, so genügt die Räucherung selbst zusammengenommen mit Salzen des Objekts (wie bei Würsten) nicht immer, um längere Zeit die Zersetzung zu beseitigen.

Die Speisebereitung und die Speisen.

An die Spitze aller Betrachtungen über die Speisebereitung gehört das Grundgesetz tunlichster Sauberkeit.

Den Nahrungsmitteln, wie sie im Handel bezogen werden, hängt bis-

weilen Staub und Schmutz, selbst Dünger an. Manche sind in schmutzigen Lokalen, die von Menschen bewohnt sind, aufbewahrt worden, und infektiöser Beschmutzung ausgesetzt, an anderen haftet Erde, von der Ernte oder weil die Dinge auf dem Boden gelegen haben, andere Waren sind an den Straßen zum Verkauf ausgestellt und über und über mit Staub bedeckt, in den Sommermonaten verunreinigen die Insekten animalische Waren und Zuckerwaren, Früchte; manche Ware wird von den Käufern mit schmutziger Hand geprüft usw. Das Waschen der eingekauften Ware ist also, wo durchführbar, eine zweckmäßige Maßregel.

Die wesentlichste Veränderung erleiden die Nahrungsmittel bei dem Kochakt selbst, das Rohmaterial wird nur in seltenen Fällen genossen, oft bei Milch, selten bei Eiern und Fleisch; ungenießbar sind roh die meisten Vegetabilien, ausgenommen die Früchte, manche Salate.

Vor dem Kochakt werden in der Regel mancherlei Zutaten beigegeben, vor allem Gewürze oder auch Mischungen von Nahrungsmitteln vorgenommen, die wesentlich auf die Verbesserung des Geschmacks abzielen, manchmal aber offensichtlich auch andere Zwecke verfolgen.

Fettarme Nahrungsmittel, wie Wildbret, werden meist künstlich gefettet (Spicken mit Fett, Einlegen von Fett), ebenso manchmal die in Breiform hergestellten Speisen aus Zerealien, wie der Risotto (aus Reis), die Polenta (aus Mais); die Geschmacklosigkeit des Breies aus Zerealien wird manchmal durch Käse verbessert (Risotto, Polenta, Makkaroni), oder durch Beigabe von Hühnereiweiß und Hühnereiern und Backen. Gemüse, die fettarm sind, erhalten Fettzugabe, indifferente Speisen süßt man mit Zucker oder salzt sie.

Die wesentlichsten Speisenformen unserer Küche sind die Suppen, welche eine Abkochung des Fleisches darstellen unter Zusatz nährender Bestandteile (eiweißartige — wie Leber, Milz, Lunge — oder Gemüse oder Brot usw., meist wird auch Mehl beigemischt), die Fleischgerichte, die aus dem Fleisch und der dazu gehörigen Sauce bestehen, und die Beilagen: püreeartige Gemüse (Kartoffel, Erbsen, Kohl, Spinat), rohe Gemüse (Salat), in Scheiben geschnittene Kartoffeln usw., eigentliche Mehlspeisen — meist aus Mehl, Zucker und Eier bereitet — und endlich das Brot in verschiedener Herstellung.

Die Speisen scheiden sich in solche, die der Zerkleinerung beim Kauen bedürfen und solche, welche so hergestellt sind, daß sie unmittelbar zum Schluckakt sich eignen. Beide müssen im richtigen Verhältnis zueinander in der Kost vorhanden sein.

Die wichtigste Prozedur ist die Einwirkung der Wärme, wobei die Rohmaterialien wesentliche Veränderungen erleiden.

Die Erwärmung kann in den meisten Fällen so vorgenommen werden, daß das Wasser auf Siedetemperatur gehalten wird, durch Beschränkung der Verdunstung wird sehr an Wärme gespart; dies genügt, wenn der Wärme nur Zeit gelassen wird, ins Innere der Nahrungsmittel einzudringen. In anderen Fällen ist ein Abzug von Dämpfen erwünscht, weil diese die stinkenden Zersetzungsprodukte der Speisen abführen (s. Rubner, Arch. f. Hyg. XIX, 1893, S. 131).

Durch das Erwärmen entstehen verschiedene bemerkenswerte Veränderungen, welche zunächst für die Animalien betrachtet werden mögen. Das Fleisch, das einige Zeit aufbewahrt ist, verliert dabei durch autoly-

tische Vorgänge in Lösung gebrachte Bestandteile. Bis 70° besteht etwa der Geruch des rohen Fleisches, von da ab der Geruch der Bouillon bis 100°, von da ab beginnt, wenn man Fleisch im Autoklaven auf höhere Temperatur bringt, der Bratengeruch; über 118° nimmt der Wohlgeruch dann wieder ab. Bei 70° ändert das Fleisch seine Farbe durch Zerlegung des Hämoglobins, sie schlägt in grau um.

Das Fleisch verliert beim Erwärmen unter allen Umständen an Gewicht. Frei im Dampf erwärmtes Fleisch gibt ab

bis 50°	. . . .	9 Proz. seines Gewichts
„ 70°	. . . .	32 „ „ „
„ 90°	. . . .	43 „ „ „
„ 100°	. . . .	46 „ „ „
„ 120°	. . . .	55 „ „ „

Totenstarres Fleisch verliert mehr wie ganz frisches.

Fischfleischsorten ziehen sich bei der Erwärmung weniger zusammen, sind also auch im gekochten und gebratenen Zustande wasserhaltiger als andere (Peters, Arch. f. Hyg. LIV, 1905, S. 105).

Der Verlust beim Schrumpfen des Fleisches in der Wärme besteht aus Wasser, Salzen und Fleischextrakt (50—60 Proz. der vorhandenen Menge) und Spuren von Eiweiß, Leim und Fett (Ferrati, Arch. f. Hyg. XIX, S. 317).

Diese Volumabnahme ist eine Funktion der Gerinnung der Eiweißstoffe. Fast alle Gewebe, die faserigen Bau haben, verhalten sich wie Fleisch; beim Erwärmen auf 100° verlieren folgende Organe an Gewicht (Ferrati, l. c.):

Oberschenkelmuskel . . .	42,3 Proz.	Niere . . .	31,5 Proz.
Rückenmuskel	40,9 „	Leber . . .	30,7 „
Psoas	45,6 „	Lunge . .	15,0 „
Herzfleisch	52,1 „	Gehirn . .	27,2 „

Die Ungleichheiten sind bedingt durch den ungleichen Eiweißgehalt (bezw. Fettgehalt), bei der Lunge in der Ausscheidung des Saftes in die Alveolen und Bronchien, wodurch sein Austritt verhindert wird.

Die Meinung vieler Ärzte, daß rohes Fleisch noch die ungeronnenen Eiweißstoffe enthalte, ist unzutreffend, wie Milroy in meinem Laboratorium nachgewiesen hat (Arch. f. Hyg. XXV, S. 156). Schon bei 45° beginnt die Gerinnung. Bei höheren Temperaturen wurden folgende Prozente an Eiweiß als geronnen nachgewiesen:

	bei Rindfleisch	bei Schinken
50°	55 Proz.	46 Proz.
60°	75 „	54 „
70°	91 „	95 „
80°	100 „	99 „

Bei 70° sind aber schon mehr als $^9/_{10}$ aller Eiweißstoffe geronnen, da sich nun solches Fleisch bei weiterer Erhitzung noch mehr zusammenzieht, so beruht diese Wirkung auf einer weiteren Kontraktion der schon geronnenen Faser.

Die Wärme dringt ins Fleisch nur langsam ein; die im Innern eines Stückes in einer bestimmten Zeit erreichte Temperatur hängt von der Größe der Stücke (Oberfläche zur Masse) und ihrem Wärmeleitungsvermögen (Muskelfaser, Fett, Querleitung, Längsleitung) ab.

Das Wärmeleitungsvermögen d. Muskelsubstanz ist bei Längsleitung	0,000632 k*)
desgl. bei Querleitung	0,000615 „
für Fett	0,000422 „
für gekochtes Rindfleisch	0,000440 „

(Über die Berechnung der Erwärmungszeiten von Fleisch oder anderer Nahrungsmittel siehe Rubner, Arch. f. Hyg. LV, S. 225.)

Einige Beispiele für die zur Erwärmung auf bestimmte Temperatur notwendigen Zeiten mögen kurz angeführt sein.

Größe der Würfel	Zeit in Sekunden	Erreichte Temperatur im Innern
11 cm Seitenlänge	8550	100°
	4070	70°
	225	50°
6 „	2580	100°
	889	70°
	684	50°

Wie man sieht, kann man dadurch, daß man nur auf 70° erwärmt und nicht die Temperatur von 100° abwartet, die Dauer der Kochung außerordentlich abkürzen. Die Steigerung der Temperatur des Mediums, in welchem gekocht wird, verkürzt natürlich auch die Dauer des Prozesses.

Analog wie das Fleisch verhalten sich alle fleischigen Teile, vorausgesetzt, daß die Kontraktion bei der Erhitzung dieselbe ist.

Der Gewichtsverlust beim Kochen in Wasser hängt auch von der Auslaugung der äußersten Schicht mit ab; weit in die Tiefe reicht die Auslaugung nicht, nur dann, wenn man das Fleisch zerkleinert, nimmt auch die Auslaugung zu. Die austretenden Stoffe geben der Bouillon ihren Geschmack und Geruch. Man kann durch einfaches Kochen zerkleinerten Fleisches leicht 4/5 der Fleischsalze auskochen (Nothwang, Arch. f. Hyg. XVIII, S. 80); es machen dann die Salze, darunter namentlich Kalisalze, von allen in der Fleischbrühe übergegangenen Stoffen mehr als 1/4 aus. Außer den Nährsalzen haben wir in der Fleischbrühe noch die Extraktivstoffe. Große Stücke geben wohlschmeckendes Kochfleisch und dünnere Bouillon, kleine Stücke starke Bouillon und weniger wohlschmeckendes Fleisch.

Beim Braten befindet sich das Fleisch entweder direkt der strahlenden Wärme ausgesetzt (Braten auf dem Rost), oder in geschlossenem Raume (Bratöfen), wobei dann sowohl erhitzte Luft als auch strahlende Wärme einwirken. Der reine Bratengeschmack entsteht durch die alleinige Wirkung der Strahlung. Der beim Schrumpfen des Fleisches austretende Saft bildet die Sauce, der auf den Braten verdunstende Teil gibt die Kruste. Die Außentemperatur gebratener Stücke erreicht 120° und darüber. Bei dem Rösten, wobei Fett zugesetzt wird, steigt die Temperatur auf 150—160°, und da man nur kleine Stücke röstet, verdunstet ein Teil des Wassers. Das Fleisch durchtränkt sich hochgradig mit Fett. Bei 220° wird das Fett von der Fleischfaser wieder abgestoßen, das Fleisch trocknet, bei 280° zerlegen sich die Fette.

Zu den Sulzen, die erst erkaltet genossen werden, verwendet man das Fleisch junger Tiere, welche noch ein Bindegewebe besitzen, dessen Collagen

---

*) k = Leitungsvermögen. Für 1° Temperaturdiff. 1″ 1 □cm in grkal.

leicht in Leim übergeht; namentlich Teile der Schweinefüße und Ohren eignen sich dazu. Das Bindegewebe alter Tiere läßt sich durch Einlegen in Essigsäure lockern, hierzu bleibt das Fleisch 4—5 Tage in einem Gemisch von 1 Teil Speiseessig und 1 Teil Wasser liegen und wird dann erst erhitzt.

Die Temperatur flüssiger Nahrungsmittel, wie Milch, steigt sehr schnell, weil dabei lebhafte Strömungen der Flüssigkeit, welche zur Verbreitung der Wärme beitragen, sich ausbilden. Das leichte „Anbrennen der Milch" auf offenem Feuer beruht auf der Ausscheidung von Laktalbumin an den heißen Stellen und Verminderung des Wärmeleitungsvermögens, so daß sich die äußersten Partien zu stark erwärmen. Das Ei erwärmt sich schnell, solange das Eiweiß flüssig bleibt, nach dem Gerinnen nur langsam. Breiige Gerichte erwärmen sich langsam und können nur durch fortwährendes Mischen rascher auf hohe Temperatur gebracht werden. In fast allen pflanzlichen Nahrungsmitteln gerinnt beim Erwärmen ein Teil der Eiweißstoffe.

Manche liefern aus Pektinstoffen bestehende Gallerten. Erhitzung über 100° liefert Röstprodukte vor allem der Kohlehydrate. Beim Backen des Brotes (ein dem Braten analoger Vorgang) entsteht die schmackhafte Kruste, ähnlich, wenn breiartige Speisen im Bratofen durch strahlende Wärme von oben getroffen werden.

Sehr viele pflanzliche Nahrungsmittel ändern bei 100° ihr Volum nicht, vor allem diejenigen nicht, die von Hause aus reich an Wasser sind, wie die Kartoffel; trockne wie Erbsen, Bohnen, Linsen oder die Mehle der Zerealien quellen stark auf, weil das Stärkemehl Wasser aufnimmt.

Für die Leguminosen ist die Qualität des Wassers sehr wichtig, in hartem Wasser sind sie auch durch Kochen nicht zum Quellen zu bringen, weil Leguminkalk oder Leguminmagnesia, die sich in hartem Wasser bilden, den Zutritt des Wassers zur Stärke hindern. Da das Legumin auch in anderen pflanzlichen Nahrungsmitteln in kleinen Mengen vorhanden ist, so können in manchen Fällen harte Wasser das Weichkochen der Gemüse verhindern, indem sie das Legumin wasserunlöslich machen.

Die einmal aufgenommene Wärme wird von allen konsistenten und breiigen Speisen und von solchen, die mit einer Fettschicht bedeckt sind, nur langsam abgegeben. Das Fett hindert die Verdunstung von Wasser und dadurch den Wärmeverlust. Gelatinierende zeigen einen unregelmäßigen Gang der Erkaltung.

Da die Abkühlung besonders mit Abnahme der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen immer mehr sich verlangsamt, so können die Speisen oft sehr lange Zeit — wenn die Umgebungstemperatur nicht sehr niedrig ist —, Temperaturen zwischen 30—40° beibehalten, was unter Umständen zu ihrer Verderbnis führt, dann nämlich, wenn durch die Erhitzung nicht alle Mikroben vorher abgetötet waren.

Da es, wie oben erwähnt, bei dem Kochen weit weniger auf eine plötzliche Erwärmung als vielmehr darauf ankommt, höhere Wärmegrade (gegen 100°) längere Zeit einwirken zu lassen, kann man die gehörig angewärmten Speisen in Apparate bringen, welche den Wärmeverlust stark hindern. Diesen Gedanken, die Kochgefäße als möglichst schlechte Leiter, abgesehen von der Wärmeeinstromfläche, zu konstruieren, hat schon Rumford Ende des 18. Jahrhunderts durchgeführt.

Neuerdings trennt man Erhitzungs- und Aufbewahrungsgefäß und bringt die erhitzten Speisen entweder in Töpfe, die in einer mit schlechten Wärme-

leitern gefüllten Kiste (mit Holzwolle z. B.) stehen, oder man benützt besondere mit guter Wärme-Isolierung konstruierte Apparate, Thermophore genannt. Man kann dann das Garkochen der Speisen ohne Feuer zu Ende führen, was für Frauen, die in Geschäften und Fabriken tätig sind und nur wenig Zeit für die Küche übrig haben, von größter Bedeutung ist.

Beim Erwärmungsprozeß der Nahrungsmittel treten nach den in meinem Laboratorium ausgeführten Versuchen manchmal an Stelle von wohlriechenden Produkten auch stinkende Stoffe und andere flüchtige Zersetzungsprodukte auf. Fleisch, Milch, Eier geben z. B. Kohlensäure ab, Eier, Fleisch vom Hecht, Lachs, Hering, Schellfisch, Dorsch, Hummer, Krebs, liefern neben Kohlensäure auch Schwefelwasserstoff, Merkaptan das Fleisch des Schellfisches und des Dorsches.

Bei allen Vegetabilien, die bis jetzt untersucht worden sind, bildet sich Kohlensäure und Schwefelwasserstoff (Wirsing, Teltower Rübchen, roten Rüben, Spargel), Methylmerkaptan aus Wirsing-, Blumen-, Rosen-, Rot- und Weißkohl, aus Kohlrabi und Teltower Rübchen.

Das Kochen hat also auch den Zweck, diese übelriechenden Produkte zu entfernen, und in diesen Fällen muß das Abziehen der Dämpfe aus den Kochgefäßen möglich gemacht werden.

Die Bedeutung des Erhitzens für die Tötung der Parasiten (Trichinen, Finnen usw.) oder bakterieller Krankheitserreger (wie Tuberkulose usw.) mag hier nur kurz erwähnt sein. Gekochte, über 70° erwärmte Speisen geben eine fast sichere Gewähr für Beseitigung belebter Krankheitsstoffe (siehe in Band III).

Zu den vorbereitenden Operationen der Küche gehört auch die Anwendung der Gärung. Solche Zerealien, welche Klebereiweißstoffe enthalten, geben, mit Wasser angerührt, einen fadenziehenden Teig. Das ist besonders beim Weizen- und Roggenmehl der Fall.

Dieser Teig kann durch Kohlensäure sehr gelockert werden; die Kohlensäureentwicklung ließ man in alter Zeit durch den Sauerteig bewirken. Jeder der Teige genannter Herkunft zeigt spontan die Aufblähung, weil sich immer genügend Hefezellen finden, welche mit dem Zucker der Mehle oder durch Diastaseumwandlung des Mehles (Dextrin- und Maltosebildung) mit der fermentativ erzeugten Maltose Kohlensäure und Alkohol (neben Glyzerin und Bernsteinsäure) bilden. Daneben kommen aber auch die reichlichst im Mehl vorhandenen Bakterien zur Entwicklung und erzeugen namentlich Säuren, vor allem Milchsäure. Statt dieses von Backperiode zu Backperiode aufbewahrten Sauerteiges kann man dem Teige auch direkt Bierhefe zusetzen, dann fällt die Säuerung des Brotes weg.

Die Lockerung durch chemische Mittel, z. B. doppeltkohlensaures Natron und Salzsäure, hat sich nicht bewährt, wohl aber das Beimischen reiner Kohlensäure, z. B. bei Feldbäckereien, wodurch die für das Gehen des Teiges nötige Zeit und unentbehrliche höhere Temperatur erspart wird. Das gegorene Brot schmeckt aber etwas besser als das nur mit Kohlensäure hergestellte.

Beim Backprozeß werden die Hefezellen und auch die vegetativen Formen der Bakterien im Sauerteig, aber nicht alle in dem letzteren enthaltenen Bakteriensporen, getötet.

Die Küche verlassen die fertigen Speisen, die wesentlich anders als die Nahrungsmittel zusammengesetzt sind und selbst wieder Mischungen solcher sind:

In 100 Teilen sind*):

	Speise	Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrat g	kg/kal
Suppen	Fleischbrühe	0,35	0,3	—	4
	Fleischbrühe mit Ei	3,8	3,0	—	43
	Brotsuppe	1,1	0,5	5,2	27
	Rumfordsuppe	1,8	2,3	12,1	73
	Schleimsuppen	2,0	1,1	7,3	48
	Kartoffelsuppen	1,1	2,1	8,9	60
	Milchsuppen	4,1	4,2	10,2	98
	Leguminosensuppe	4,0	0,3	9,0	56
Fleisch	Rindsbraten	33,7	2,5	—	151
	Rindfleisch, gehackt	36,0	2,8	—	176
	Kalbsbraten	34,4	3,5	—	173
	Schinken	25,1	8,1	—	178
	Hering, geräuchert	13,8	13,8	—	223
	Zervelatwurst	17,6	39,8	—	442
	Sauce zu Braten usw.	1,8	2,4	5,6	53
	Fettkäse	27,2	30,4	2,5	404
	Quark	24,8	7,3	3,5	182
Gemüse	Kartoffelbrei	2,6	3,2	18,8	118
	Erbsenbrei	12,4	0,9	27,4	172
	Kohlrabi	1,4	4,4	7,0	76
Mehlspeisen	Flammeri	3,3	3,6	19,8	126
	Dampfnudeln	3,2	9,0	23,3	126
	Makkaroni mit Butter	2,4	25,4	14,1	304
	Griesbrei	3,1	2,5	8,2	70
	Reisbrei	4,7	3,4	14,3	109
	Mondaminbrei	0,6	4,0	20,9	125
	Apfelbrei	0,4	—	14,4	61
	Zucker	—	—	100	396
Obst	Äpfel	—	—	—	54
	Erdbeeren	—	—	—	32
	Apfelsinen	—	—	—	33
	Brot	8,6	0,6	50,6	248

Die einzelnen Speisen sind demnach von außerordentlich großer Verschiedenheit in Hinblick auf Nährstoffgehalt und Energiewert.

Die verabreichten Speisen werden selten vollständig aufgegessen, weil manche Bestandteile derselben als ungenießbar zurückgelassen werden, weil häufig der Konsument sich nicht die Zeit nimmt, das Eßbare wirklich vom Nichteßbaren zu scheiden, und endlich, weil aus rein individuellen Gründen reinliches Aufessen nicht immer geübt wird. Bei Feststellungen der verzehrten Nahrung ist also streng auf diesen Punkt zu achten.

Jordan beobachtete bei der Studentenpension des landwirtschaftlichen Kollegs von Maine:

*) Zahlen zum Teil nach den Berechnungen von Schwenkenbecher, Dissert. Marburg 1900.

	Verlust von Eiweiß in Proz.	Verlust von Kalorien in Proz.
I. Bei gewöhnlicher Kost (halb animalisch, halb veget.)	21,4	19,8
II. Bei Verwendung teurer Fleischsorten, Fisch, Geflügel	34,7	26,2
III. Bei gewöhnlicher Kost mit wenig Milch	15,1	14,4
IV. Bei gewöhnlicher Kost mit viel Milch	17,0	15,1
V. Mit Eiweißstoffen aus billigen Produkten und reichlich Milch	28,3	32,5

Die Hauptfehler liegen an der Verschwendung von Fett. Vor Jahren hat Verfasser schon aufmerksam gemacht auf die ungeheuren Mengen von Fett, die durch die Abgänge einer Stadt (in den Kanalwässern) zu Verlust gehen und 20 g pro Kopf und Tag betragen.

Man glaube ja nicht, daß die Speiseverluste nur bei Wohlhabenden vorkommen, selbst bei Zuchthäuslern und solchen Speisen, die ihnen besonders begehrenswert erscheinen, habe ich beobachtet, daß der eine 13 Proz., der andere nur 3 Proz. und bei anderen Speisen 30 Proz. bzw. 10 Proz. zurückläßt. Auch in den Küchen sind die Verluste bei der Herstellung oft viel bedeutender als nötig wäre.

Größere Speiseüberschüsse werden in sparsamen Familien für die nächsten Tage zurückgestellt und eventuell nach erneutem Aufwärmen genossen.

Die Herstellung der Speisen ist eine ungemein wichtige Aufgabe, weil sie uns nicht nur die Aufnahme der Nahrung erleichtert, sondern die Nahrung auch bekömmlicher und gesünder macht. Gerade daß der Mensch so häufig von der Erwärmung der Nahrung Gebrauch macht, beschützt ihn vor einer Anzahl von Gefahren.

Eine gute Zubereitung der Speisen kann auch eine einfache Kost wohlschmeckend machen. Der Gesichtspunkt, nach dem die Speisen auszuwählen sind, wird in den späteren Abschnitten näher behandelt werden.

Die Vorgänge bei der Nahrungsresorption und der Ausnützung.

Die eingenommene Nahrung verhält sich schon bei den Ansprüchen an den Kauakt sehr verschieden. Die Dauer des Essens beträgt beim Menschen etwa 30—60 Minuten, während des Kauaktes sezernieren die 66 g wiegenden Speicheldrüsen des Menschen 700—800 g Speichel mit 4—5 g trockner Substanz (Tuczek, Ztschr. f. Biol. XII, 1876, S. 234). Je nach der Trockenheit der eingeführten Nahrungsmittel schwankt die Menge des nötigen Speichels pro 100 g trockener Substanz gerechnet um 64—504 g und kann pro Tag 1400 bis 1500 g im ganzen erreichen. Die Nahrung darf also an die Speichelbildung keine allzu großen Aufwendungen stellen. Je härter eine Substanz ist, um so intensiver müssen auch die Kaumuskeln angestrengt werden. Nach den Beobachtungen des Verfassers liegt manchmal eine weitgehende Ermüdung der Kaumuskulatur vor, welche die Aufnahme einzelner Speisen, z. B. des Fleisches, beim Menschen in großen Mengen hindert. Die Stärke der Speichelsekretion wird nur durch die in den Speisen vorhandenen Genußmittel in erster Linie bestimmt.

Die Mundhöhle soll auch darüber wachen, daß die Nahrungsmittel und Getränke mit nicht zu hoher und nicht zu niedriger Temperatur eingeführt werden; beides kann Schaden hervorbringen.

In dieser Hinsicht bestehen viele persönliche Eigentümlichkeiten, namentlich die Hast und Ruhe, mit der gegessen wird, übt einen wesentlichen Einfluß aus auf das Hinabschlingen großer Bissen oder großer Schlucke von Flüssigkeiten. Die Wärme der Speisen soll 50—55° überhaupt nicht überschreiten, ehe man sie in den Mund einführt; die Wärme der eingeführten Speisen hat unter anderem den Zweck, die Verdauung rasch einzuleiten. Kühle Flüssigkeiten bringen die Blutgefäße der Magenwand zur Kontraktion; es dauert dann lange, bis der träge abgesonderte Magensaft und der Mageninhalt sich auf Bluttemperatur erhöht. Mit warmen Speisen gelangen auch die Fette in geschmolzenem Zustand in den Körper, was ihre Verwertung und Resorption begünstigt (Arnschink, Ztschr. f. Biol. XXIII, 1887, S. 413). Schon erstarrte Fette bringen im Munde einen Überzug der Schleimhaut zustande, welche die Tastempfindungen und die Wirkungen der Speisen auf die Geschmacksorgane hindert. Auf den Stoffumsatz wirkt das warm eingebrachte Nahrungsmittel und Getränk an sich nicht ein, es kann durch das Trinken sehr warmer Getränke aber für kurze Zeit die Wasserverdampfung vermehrt werden.

Zu kalte Flüssigkeiten kommen leicht in den Magen, wenn es sich um kohlensäurehaltige Getränke (Sekt, kohlensaures Wasser, Bier) handelt, weil die Kohlensäure gewissermaßen die Schleimhaut (wie die Haut in kohlensauren Bädern) thermisch isoliert, die Kälte also nicht empfinden läßt.

Bei dem Genusse von manchen Speisen werden vom Magen aus unter Umständen Druckgefühl, Völle, Zwerchfellkontraktion oder auch Wirkungen auf den Darm (dünner Stuhl) ausgelöst. Diese Erscheinungen bezeichnet man mit dem Ausdruck Ertragbarkeit der Speisen. So erregen bei vielen Personen namentlich kleine feste Partikelchen, welche verschluckt werden, Magendrücken, z. B. harte Eier, geröstetes Fleisch, im allgemeinen solche Dinge, die der Magenverdauung aus mechanischen Ursachen widerstehen. Hier treten aber ungemein viel individuelle Eigentümlichkeiten, die besonders mit dem Alter der Personen zunehmen, in die Erscheinung. Auch die Zeit der Speiseaufnahme, ob Mittag oder Abend, kann von Einfluß sein, sogar die Innehaltung bestimmter Speisestunden, so daß man den Eindruck bekommt, daß der Verdauungskanal in seiner Funktion durch die Gewohnheit einen gewissen Rhythmus seiner Arbeit und Leistung gewinnen kann und in so hohem Grade, daß außer der üblichen Speisezeit Verzehrtes viel langsamer verdaut wird als sonst.

Die bei manchen Personen nach Milchgenuß auftretenden kolikartigen Schmerzen und Diarrhöe sind Erscheinungen rein reflektorischer Art, die Milch selbst ist in der diarrhöischen Ausscheidung dabei gar nicht vorhanden und wird selbst ganz normal verdaut.

Die Verhältnisse der Kotbildung und Ausscheidung sind bei verschiedenen Nahrungsmitteln außerordentlich ungleichartig und führen dabei zu mancherlei beachtenswerten Nebenwirkungen der Ernährung.

Die beim Menschen ausgeschiedenen Kotmengen betrugen in den Versuchen des Verfassers mit einzelnen Nahrungsmitteln pro Tag an Trockensubstanz in minimo 13 g und in maximo 116 g und frisch zwischen 53 bis 1093 g. Der wasserhaltige Kot schwankt um über das 20fache und der Darmkanal ist daher, je nach der Ernährung, mit ganz verschiedenen Kotmengen angefüllt. Die bei einem Stuhlgang abgesetzte Kotmenge ist variabel, aber auch ohne engere Begrenzung auf einen bestimmten Wert ist es be-

greiflich, daß die reichliche Kotmenge im Darm auch unter Umständen zu mehrmaligen Entleerungen pro Tag Veranlassung geben kann, was zum mindesten lästig empfunden wird. In der anderen Richtung kann auch mitunter so wenig Kot vorliegen, daß erst in mehreren Tagen eine Stuhlentleerung zustande kommt.

Die Stuhlentleerung kann man fast niemals auf die vorhergehende 24stündige Nahrungsperiode beziehen, sondern man muß entweder sehr lange Versuchsperioden gleichmäßiger Kost wählen, deren Dauer so groß ist, daß Fehler der unregelmäßigen Kotentleerung nicht in Betracht kommen oder den Kot kürzerer Perioden in bestimmter Weise markieren; hierüber wird im nächsten Abschnitt gesprochen werden.

Nicht ohne Interesse ist es für einige Fälle, die Zeitdauer des Aufenthaltes des Kots im Darmkanal des Menschen kennen zu lernen. Nach Versuchen des Verfassers erscheint der Kot bei Gemüsen, wie z. B. gelben Rüben, schon 4 Stunden nach der Mahlzeit, bei Gebäcken aus Mehl feiner Sorte, feinem Weizenbrot 19—31 Stunden, bei Schwarzbrot und Säuerung des Kots 14 Stunden, Kleiebrot 27 Stunden, Makkaroni, Mehlklösen, Kartoffeln 19 bis 26 Stunden, bei Fleisch, Eiern 72—96 Stunden.

Der Darmkanal enthält auch Bakterien und zwar am reichlichsten im Dickdarm, weniger im Dünndarm und außerordentlich wenig im Magen. Die Darmflora ist eine eigenartige, sie wird durch eingebrachte fremde Bakterien häufig vorübergehend gestört, kehrt aber in der Regel bald zu dem mittleren gleichartigen Verhältnis zurück. Unter normalen Umnissen überwiegt in den unteren Darmpartien Bact. coli commune neben anderen weniger konstanten Formen. Durch Aufnahme der Nahrung mit fremden Bakterien, durch Peristaltik und andere Ursachen ändert sich vorübergehend das Bild (Lemke, A. f. Hyg. XXIX, S. 348, 1897). Die Bakterienleiber beteiligen sich nur in sehr bescheidenem Grade an der Kotbildung; es wurde dies schon früher erwähnt (Lissauer, A. f. Hyg. 58, S. 136, 1906).

Die Frage des Nutzens der Bakterien ist mehrfach diskutiert und so weit übertrieben worden, daß man die Bakterien im Darm überhaupt als eine Grundbedingung der Existenz der Tiere und des Menschen aufgefaßt wissen wollte (Pasteur, 1885). Schon Nuttall und Thierfelder (Ztschr. f. physiol. Chem. XXI) haben gezeigt, daß diese Annahme für den Säuger nicht zu Recht besteht. Nur Schottelius glaubt beim Huhn annehmen zu müssen, daß diese Tiere ohne Bakterien nicht wachsen (Arch. f. Hyg. XLII u. LXVII).

Die Wirkungen der Bakterien bestehen bei geeigneter Nahrung in der Bildung von Fäulnisprodukten des Eiweißes, die zum Teil im Kot bleiben, zum Teil aber in den Harn übertreten (Harnindigo, gepaarte Schwefelsäuren) und gasförmigen Produkten, namentlich Schwefelwasserstoff, auch Merkaptan.

Bei ausschließlicher Eiweißkost ist die Menge des erzeugten SH_2 variabel, je nach den Stoffen, welche SH_2 zu binden vermögen, tritt mehr oder weniger mit dem Kot aus, die Zunahme der Fäulniskeime steigert auch die SH_2-Bildung.

Der tägliche SH_2-Verlust mit dem Kot beträgt beim Hund von 10 kg

bei gewöhnlicher Fleischfütterung	0,0075 g
„ Fleisch mit Eisenoxydhydrat	0,0105 „
„ Fleisch mit Bact. Proteus und Eisenoxydhydrat	0,0202 „

(Niemann, Arch. f. Hyg. XIX, S. 125, 1903).

Die ins Blut übertretenden SH_2-Mengen sind bis jetzt unbekannt, doch zeigen Tiere mit reichlicher SH_2-Bildung im Darm auch Gesundheitsstörungen, die auf SH_2-Vergiftung gedeutet werden können.

Die Nahrung kann aber auch ganz andere Erscheinungen hervorrufen; vom Verfasser wurde gezeigt, daß nach Genuß kohlehydratreicher Kost die bekannten Fäulnisderivate aus dem Harn (Z. f. Biol. XIX, S. 83, 1883) durch eine Gärung des Kohlehydrats, bei der im Kot reichlich Buttersäure, auch Essigsäure auftritt, völlig verschwinden, eine Tatsache, die später in anders angeordneten Versuchen von Hirschler bestätigt wurde (Ztschr. f. physiol. Chem. 1886, Bd. 10, S. 306).

Die Darmbakterien vergären also das eine Mal Eiweiß, das andere Mal vorwiegend Kohlehydrate, vermutlich handelt es sich im letzten Falle neben Buttersäure- und Essigsäurebildung auch um Milchsäurebildung, diese Säure wird aber wohl resorbiert und im Körper zerstört. Mit der Kohlehydratgärung ist eine mitunter sehr starke Entwicklung von Gasen (CO_2, H) verbunden, die im hohen Maße belästigend wirken können. Die dabei stark saure Reaktion des Darminhalts erzeugt einen dünnen diarrhöischen Stuhl und auch gelegentlich Reizung der Haut des Afters (Rubner, Zeitschr. f. Biol. XIX, S. 80ff. und Bischoff, ibid. V, S. 471). Besonders stark sind die genannten Erscheinungen bei Ernährung mit Brot, vor allem mit Roggenbrot und solchem mit Sauerteig hergestellten (Biol. XIX, S. 89).

Das Blut und die Organe des Körpers sind im allgemeinen bakterienfrei, der Übertritt von Bakterien aus dem Darm ins Blut, mitunter mit sehr nachteiligen Folgen, kommt bei längerer Obstipation, bei langdauernder Nahrungsentziehung, erschöpfender Arbeit vor (Ficker, Arch. d. Hyg. 1905, LII S. 179, ibid. LIV, 1905, S. 354 flg.; Hilgermann, ibid. LIV, S. 335).

Die bakteriellen Umsetzungen im Kote sind, vom energetischen Standpunkt betrachtet, von ganz untergeordneter Art (Rubner, Arch. f. Hyg. XLVIII, S. 261). Auch die vielfach behauptete Abspaltung von gasförmigem N im Darm ist von Krogh widerlegt (s. auch S. 57). Die Bedeutung der Bakterien für die Veränderung der Nahrungsstoffe bei Wiederkäuern im Blinddarm kann hier nicht erörtert werden. Im großen und ganzen ist man also zu der Anschauung gelangt, daß die Bakterien im Darm des Menschen zumeist untergeordnete Funktionen entfalten, nur durch besondere Umstände unseres Lebens gelegentlich zu schädlichen Parasiten werden. Metschnikoff geht weiter und sieht in den Bakterien des Darmes eine Quelle ständiger Vergiftung des Körpers und die Ursache unserer Lebenskürzung.

Bei der Nahrungsmittelresorption spielt auch die quantitative Seite eine wichtige Rolle. Nach der Menge des Kotes, welche nach der Aufnahme eines Nahrungsmittes abfällt, beurteilt man seine Ausnützungsfähigkeit. Da die Nahrungsmittel immer aus Kombinationen von Nahrungsstoffen bestehen, schließt sich als weitere Frage an, ob der Grad der Ausnützung der einzelnen im Nahrungsmittel enthaltenen Nahrungsstoffe derselbe oder ein verschiedener sei.

Der Kot besteht, worauf ich im Hinblick auf diese Fragen zuerst beim Menschen näher aufmerksam gemacht habe (s. Z. f. Biol. XV, S. 187, 191, 198), zum mindesten aus zwei ihrer Herkunft nach differenten, aber mit der Nahrungsaufnahme in Zusammenhang stehenden Anteilen.

Der Kot ist einerseits ein Residuum der Verdauungssäfte mit Beimengung einiger auf anderen Wegen schwer ausscheidbarer Verbindungen, wie der

Kalk- und der Eisenverbindungen. Als Typus dieser Art kann das Mekonium und der Hungerkot gelten.

Wenn man einen Organismus ernährt, so treten an Stelle der im Hunger zersetzten Körperstoffe die eingeführten Nahrungsstoffe und erfüllen die Funktionen der sonst vom Körper abgegebenen Leibessubstanzen. Die Kotbildung bei Fütterung ist also, wenn ihre Menge auch die im Hungerzustand gebildete Kotmasse nur wenig oder gar nicht überschreitet, ihrer Herkunft nach eine andere geworden, sie beruht auf der Umsetzung der Nahrungsbestandteile. So kommt also z. B. bei Fleischfütterung ein Kot, der dem bei Hunger erzeugten fast gleich ist, und auch bei N-freier Kost ein N-haltiger Kot, weil dabei der Umsatz N-haltiger Bestandteile nicht aufgehoben ist (bei Fleisch 1,2, bei N-freier Diät 1,4 g N pro Tag [Rubner, Z. f. Biol. XV, S. 198 und Rieder, ibid. XX, 1884, S. 378]).

1 Teil organisch des Kotes liefern kg/kal:

bei einem Energieverlust mit dem Kot	
von 4,1—4,6 Proz.	6,163
„ 5,6—6,9 „	6,357
„ 7,4—7,9 „	6,061
„ 15,5 „	5,259
„ 24,3 „	5,293

Demnach ist zwischen einem Verlust bei der Ausnützung von 4—8 Proz. kein Unterschied des kalorischen Wertes des Kotes vorhanden, erst darüber beginnt ein Einfluß des Nahrungsmittels. Der Kot ist auch unter den ungünstigsten Verhältnissen immer noch von ganz anderem Verbrennungswerte, wie das gefütterte Nahrungsmittel, also nicht einfach ausgestoßene Nahrung (Rubner. Z. f. Biol. XLII, S. 297).

An dritter Stelle wären als Kotbildner die Bakterien zu erwähnen, ihre Bedeutung wurde sehr überschätzt; nach Untersuchungen von Lissauer (Arch. f. Hyg. LVIII 1906, S. 136) würde bei Fleischkost etwa 0,46 Proz. des im Kote verlorenen N auf Bakterien treffen, bei gemischter Kost bis zu 11,4 Proz., es hängt das mit der Masse der Kotbildung überhaupt zusammen.

Die Ausnutzbarkeit einzelner Nahrungsmittel kennen zu lernen, hat weittragende praktische Bedeutung. Manche Völkerschaften haben ihre besonderen Nahrungsmittel, mit denen die Hauptmasse der Angehörigen den größeren Teil des gesamten Nahrungsbedarfes deckt. Bei uns sind die Getreidearten, Weizen, Korn und die Kartoffel, in Japan und Indien der Reis, in Afrika die Banane, in Mitteleuropa vielfach der Mais solche Volksnahrungsmittel.

Ein Japaner verzehrt bei leichter Arbeit im Tag 700 g Reis, bei schwerer 1000 g, ein norditalienischer Arbeiter an 1000 g Maismehl, ein siebenbürger Feldarbeiter 1300 g Mais, in Gegenden mit Brotkost werden bis 1500 g Brot verzehrt (Zeitschr. f. Biol. XIII, S. 130, ibid. XX, S. 293).

Die Ausnützung kann nur durch den Versuch am Menschen festgestellt werden, die immer wieder ausgeführten künstlichen Verdauungsversuche mit Pepsin oder Trypsin haben für unsere Ziele der Ernährung gar keine Bedeutung. Der Menschenversuch ist so zu gestalten, daß das Nahrungsmittel, welches geprüft werden soll, für sich allein, in solchen Mengen zu reichen ist, daß der tägliche Kalorienbedarf nicht überschritten, oder von dieser Grenze um nicht mehr als 1/3 oder 1/4 abgewichen wird. In einzelnen

Fällen wird man den Versuch auch so ausführen können, daß eine einheitliche Kost innegehalten und dann dieser in einer anderen Periode das zu prüfende Nahrungsmittel, z. B. Fett, beigegeben wird; im allgemeinen ist aber diese Zusatzmethode nicht zu empfehlen, weil die eine Beigabe ja auch die Resorption der anderen Bestandteile beeinflussen kann.

Von ausschlaggebender Bedeutung ist die genaue Abgrenzung. Unter den vielerlei empfohlenen Mitteln bleibt die vom Verfasser geübte Methode der Abgrenzung durch einen der Ausnützungsperiode vorangehenden und einen ihr folgenden Tag mit Milchkost die zuverlässigste und quantitativ schärfste. Am besten wird das zu untersuchende Nahrungsmittel mindestens an 3 Tagen verabreicht.

Die einzelnen Bestandteile des Kotes sind der Analyse noch zu wenig zugänglich, aber für die fettartigen kann man mit Bestimmtheit sagen, daß sie von der Zufuhr auffallend wenig beeinflußt werden. Diese Anschauungen werden bestätigt durch den auffallend gleichmäßigen Wert der Verbrennungswärme der organischen Masse des Kotes, die in sehr vielen Fällen um einen einheitlichen Wert nur wenig schwankt (Rubner, Biol. XLII, S. 300).

In zweiter Linie steht jener Anteil des Kotes, der von Resten unresorbierter Kost schwankt, dahin gehören manche Farbstoffe der Nahrung, das Hämatin bei Fleischfütterung, das Lutein bei Dotterfütterung, der gelbe Farbstoff der gelben Rüben, welche dem Kote charakteristische Farben geben, mitunter aber handelt es sich wirklich um mehr oder minder große Anteile nicht resorbierter Kost, die zum Teil manchmal schon durch den äußeren Anblick verraten werden.

Für die praktische Ernährungslehre liegt kein Grund vor, zwischen den beiden Komponenten zu trennen, ein Verlust, mit dem wir rechnen müssen, muß auch durch die Zufuhr gedeckt sein, gleichgültig, woher er stammt.

Ein sehr gutes Urteil über den Einfluß unresorbierter Materialien auf die Kotbildung ergibt sich aus folgendem.

In einer großen Anzahl von Experimenten, die zum größten Teil vom Verfasser zuerst ausgeführt worden sind, wurde gefunden [1] *):

als Verlust im Kot in Prozenten der Zufuhr:

Bezeichnung	Von der Trockensubstanz	Vom Eiweiß	Vom Fett	Von den Kohlehydraten
Gebratenes Fleisch vom Rind	5,3	2,6	—	—
Gebratenes und gekochtes Fleisch [2]) vom Rind	4,9	2,0	—	—
Schellfische	4,3	2,5	—	—
Harte Hühnereier	5,2	2,6	4,4	—
Milch [3])	8,8	7,1	5,2	0
Milch und Käse [4])	6,4	3,3	5,2	0
Feines Weizenbrot (mit Hefe geb.) [5])	4,2	21,8	—	1,1
Mittelfeines Weizenbrot [5])	6,7	24,6	—	2,6
Grobgemahlenes Weizenmehl als Brot [5])	12,2	30,5	—	7,4
Roggenbrot aus grobgemahlenem Korn (mit Hefe geb.) [7])	13,1	36,7	—	7,9
Roggenbrot aus Mehl von ganzem Korn (mit Hefe geb.) [7])	20,0	46,6	—	14,3
Bauernroggenbrot mit Sauerteig geb. [5])	15,0	32,0	—	10,9
Pumpernickel [6])	19,3	43,0	—	13,8
Weizenmehl-Klöße	4,9	20,5	—	1,6
Makkaroni aus gewöhnl. Weizenmehl [8])	4,3	17,1	—	1,2

*) Anm. 1—8 s. folgende Seite.

Bezeichnung	Von der Trocken-substanz	Vom Eiweiß	Vom Fett	Von den Kohle-hydraten
Makkaroni aus kleberreichem Weizenmehl[9])	5,7	11,2	—	2,3
Reis (Risotto)[9])	4,1	20,4	—	0,9
Mais Polenta[8])	6,7	15,5	—	3,2
Erbsen[8])	9,1	17,5	—	3,6
Bohnen[9])	18,3	30,2	—	—
Grüne Bohnen[8])	15,0	—	—	—
Kartoffel[10]) . . . . , ...	4,6	19,5	—	0,7
Wirsing[11])	14,9	18,5	—	15,4
Gelbe Rüben[11])	20,7	39,0	—	18,2
Schwämme[11])	19,1	25,7	—	—
Gemischte Kost enthaltend 99 g Fett (Speck)[11])	8,5	12,1	17,4	1,6
„ „ „ 195 „ „ „	9,2	14,0	7,8	6.2
„ „ „ 214 „ „ (Butter)	6,7	11,3	2,7	6,2
„ „ „ 350 „ „ (Butter und Speck)	10,5	9,2	12,7	6,8

Die Ausnützung der Nahrungsmittel verhält sich sehr ungleich. Fleisch und Eier sind vortrefflich aufgenommen worden; zwischen Rindfleisch und Fischfleisch ist kein Unterschied. Ich kann noch hinzufügen, daß der Mensch das Fleisch fast genau so gut ausnützt wie der Hund als typischer Fleischfresser. Von Interesse ist die dem Fleische nahestehende Resorption des Gekröses, d. h. der Königsberger Flecke (Magen der Wiederkäuer); Bindegewebe und elastisches Gewebe macht den größten Teil dieses Nahrungsmittels aus (Solomin, Arch. f. Hyg. 1896, XXVII, S. 176).

Nur getrocknete Heringe und Stockfischfleisch wird weniger gut ausgenützt (Atwater, Z. f. Biol. XXIV, S. 16). Da der Darm des Menschen so leistungsfähig ist wie jener des Fleischfressers, mögen noch einige Beobachtungen am Hunde angeführt sein. Verfüttert man Thymusdrüse, so gehen 3,2 Proz. des N, bei Lunge 4,2 Proz., bei Leber 3,3 Proz. zu Verlust Diese Schlachtabgänge stehen also in der Ausnützung ein wenig hinter dem Muskelfleisch zurück (Bergeat, Z. f. Biol. XXIV, S. 127). Nur bei Fütterung von Gehirn erscheinen 43 Proz. der Trockensubstanz in dem Kote (Politis. Z. f. Biol. 1884, XX, S. 193). Das sogenannte minderwertige Fleisch tuberkulöser Rinder unterscheidet sich in der Resorptionsfähigkeit nicht vom normalen.

Die Milcheiweißstoffe werden nach allen übereinstimmenden Versuchen weniger gut verwertet, doch resorbiert der Säugling etwas besser als der Erwachsene. Der Grund liegt in der groben klumpigen Gerinnung der Milch im Magen; die Muttermilch gerinnt in feinflockiger Form (Forster. Mitteil. der morphol. physiol. Gesellsch. 1878 und Prausnitz, Z. f. Biol.

1) Rubner, Z. f. Biol. 1879, XV, S. 115.
2) Atwater, ibid. XXIV, S. 22 u. Osawa ibid. XXV, S. 121.
3) Rubner, l. c. 132 u. Prausnitz, Z. f. Biol. XXV, 1899, S. 533.
4) Rubner, l. c., S. 136.
5) Derselbe, l. c. u. Solomin, Arch. f. Hyg. 1889, XXVII, S. 176.
6) Meyer, Z. f. Biol. VII, S. 7.
7) Rubner, Arch. f. Hyg. XIII, S. 122.
8) Rubner, l. c.
9) Prausnitz, Z. f. Biol. 1890, XXVI, S. 227.
10) Constantinidi, ibid. XXIII, S. 453.
11) Saltet, Arch. f. Hyg. 1885, III, S. 443.

XXV, S. 533; Camerer, ibid. XVI, S. 491). Daher ist auch mit Lab behandelte Milch besser ausnützbar wie gewöhnliche (K. Thomas, Arch. f. Anat. u. Phys., Phys. Abt., 1909). Milchtrockenpräparate und Kefir verhalten sich wie normale Milch (K. Thomas). Käsezugabe lockert das Eiweißgerinnsel und verbessert die Ausnützung. Die Fleischsorten enthalten zu wenig Fett, als daß man für letzteres den Ausnützungsgrad genau bestimmen könnte, dagegen sehen wir aus den Zahlen für Ei und Milch und den in der letzten Tabelle bei gemischter Kost aufgeführten Zahlen, daß das tierische Fett vortrefflich aufgenommen wird; nur Mengen von 350 g pro Tag wurden nicht mehr gut resorbiert. Die Vegetabilien unterscheiden sich von den Animalien durch die viel größeren Differenzen ihrer Resorbierbarkeit, dem kleinsten Verlust der Trockensubstanz bei Reis mit 4,1 stehen Verluste bis zu 21 Proz. gegenüber. Die kleinste Zahl des N-Verlustes bei den vegetabilischen Nahrungsmitteln ist 17,1 Proz., die höchste 46,6, die günstigste der Kohlehydrate 1,1 und die höchste 18,2 Proz.

Die Aufklärung ergibt sich am besten, wenn man die drei Versuche mit Weizenbrot betrachtet. Diese waren in der Art angeordnet, daß von demselben Getreidevorrat drei Mehlsorten hergestellt wurden, ein Mehl, bei dem nur der innere Mehlkern benutzt wurde, eine zweite, bei der das Korn stärker ausgemahlen wurde, und eine dritte, bei der nach Beseitigung der äußersten Hülle (Dekortikation) das ganze Korn, inklusive der Kleie (Hüllsubstanz) vermahlen wurde. Die drei Sorten unterscheiden sich im wesentlichen dadurch, daß sie zunehmend mehr von der Kleie enthalten. In dieser findet sich viel Zellulose, und zwar viel unversehrte Zellen, in denen noch Nährstoffe, vor allem der N-haltige Kleber, mit eingeschlossen ist.

Diese Zellulose ist so gut wie unverwendbar für den Menschen; von 9,31 im dritten Versuche eingeführte Zellulose fanden sich im Kote 8,47 g wieder; die Pflanzenzellhüllen aus Zellulose sind für die Verdauungsfermente undurchgängig, daher sind nur die in den angebrochenen Zellen befindlichen Nährstoffe resorbierbar. Dieses Beispiel gibt uns den Schlüssel zum Verständnis der verschiedenartigen Produkte des Zerealien, überall, wo wir viel Zellulose haben, nimmt die Gesamtausnützung und der Verlust an N und Kohlehydraten zu. Setzen wir umgekehrt freies vegetabilisches Eiweiß zu wie bei den künstlich mit Kleber angereicherten Makkaroni, so können wir auch die Resorption des N steigern (Rubner, Z. f. Biol. XIX, S. 74).

Von der feinst gemahlenen Zellulose der inneren Teile der Getreidekörner war in obigen Versuchen beinahe die Hälfte resorbiert worden.

Die Speiseform, in der man Weizenmehl anwendet, ob als Brot, als Klöße, als Makkaroni, ist für die Resorption ganz gleichgültig.

Der hohe N-Verlust auch bei den gut resorbierbaren Vegetabilien erklärt sich durch den geringen N-Gehalt der Nahrungsmittel und der nicht unbeträchtlichen N-Menge, die man stets, auch bei völlig N-freier Kost, im Kote findet (etwa 0,6—1 g im Tag), bei Zunahme der absoluten Menge des N in einem pflanzlichen Nahrungsmittels steigt die im Kot zu Verlust gehende N-Menge nicht entsprechend, sondern viel langsamer.

Mais und Reis können zu den gut ausnützbaren Zerealien gerechnet werden.

Bei den Leguminosen haben wir trotz des hohen N-Gehaltes des Nahrungsmittels erhebliche Verluste im Kot, so daß der Nutzen für die Ernährung also nicht so bedeutend ist, als man der chemischen Zusammensetzung gemäß vielfach vermutet hat.

Werden Erbsen in hartem Wasser gekocht, so wird ihre Ausnützung, besonders jene des Eiweißes, stark herabgesetzt (Richter, Arch. f. Hyg. XLVI, S. 273).

Die Kartoffel, ein wichtiges Volksnahrungsmittel, zeigt, in Breiform genossen, eine treffliche, an die feinen Weizenmehle erinnernde Ausnützung. Anders verhält es sich mit gebratenen Kartoffeln, von diesen gehen vielfach die stark gerösteten Teile fast unverändert mit dem Kot ab. Zu den schlecht ausnützbaren Nahrungsmitteln gehören in jeder Hinsicht die in der Tabelle aufgeführten Gemüse, Wirsing und gelbe Rüben.

Die Ausnützung der Fette, die schon erwähnt worden ist, geht unbeeinflußt von den anderen Bestandteilen ihren Weg. Zwischen Olivenöl und Tierfett erscheint ein Unterschied in der Resorption nicht vorzuliegen. Die meisten Beobachter stellen die natürliche Butter der Kunstbutter voran (Adolf Mayer, Landwirtschaftl. Versuchsstationen 1883, XXIX, S. 215; C. Kienzl, Österr. Chemikerzeitung 1898, I, S. 198; Hultgren und Landergren, Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- und Genußmittel II, 1899, S. 770).

Über die Ausnützung der Asche läßt sich im allgemeinen nicht viel aussagen, weil der Darmkanal auch für bereits resorbierte Salze (z. B. Kalksalze, Eisensalze) zugleich das Ausscheidungsorgan darstellt. Bei Brot und Zerealien ist manchmal die im Kot ausgeschiedene Asche beträchtlicher als die zugeführte (über die Verhältnisse bei Kindern s. bei Blauberg, Z. f. Biol. 1897, Bd. 40, S. 1 u. 37.).

Durch die Ausnützungsversuche wird bewiesen, daß man sich bei der Frage der Kost des Menschen nicht auf die chemische Analyse der Nahrungsmittel und die Zufuhr allein stützen kann, sondern daß das besondere Resorptionsverhältnis über den Wert der ersteren entscheidet.

Durch die Zugabe eines Nahrungsmittels kann die Ausnützung eines anderen verbessert werden, z. B. durch Käse zur Milchkost, ferner durch Käse zur Maiskost (Malfatti, Wiener akadem. Sitzungsberichte 1884).

Individuelle Verschiedenheiten im Ausnützungsvermögen sind bei normalen Menschen bis jetzt nur hinsichtlich der Größe der absoluten Leistungen des Darmkanals gesehen worden, es gibt Personen, welche z. B. Milch in sehr großen Mengen nicht mehr gut ausnützen, wohl aber kleinere. Auch mögen mitunter gute und schlechte Zähne durch die ungleiche Zerkleinerung der Massen von Bedeutung sein. Überlastet man die Verdauungsorgane nicht, so leistet der Mensch, wie schon erwähnt, bei den Animalien dasselbe wie der Fleischfresser; es mag noch als Beleg der Vergleich der Ausnützung eines Europäers und eines Japaners bei Reiskost angeführt sein. Verfasser hat die Ausnützung des Reises an sich und K. Osawa Experimente an Japanern vorgenommen, es wurde verdaut:

	feste Teile	Eiweiß
von R.	96	80
„ Japanern	97	79

(Osawa, Z. f. Biol. XXV, 1888, S. 102).

E. Voit hat die Ausnützung eines langjährigen Vegetariers mit einem sonst nur von gemischter Kost lebenden Manne verglichen.

(C. v. Voit, Z. f. Biol. XXV, 1888, S. 271.)

Es betrug der Verlust im Kot:

	beim Vegetarier	beim Nichtvegetarier
	bei derselben Diät	
von der Trockensubstanz . . .	9	10
vom Eiweiß	42	41
vom Fett	32	30
vom Stärkemehl und Zucker . .	2	3
von Zellulose	37	56

Alkoholische Genußmittel mäßiger Menge üben auf die Ausnutzung keinen Einfluß, auch nicht größere Wassermengen (K. Thomas), Ruhe und Arbeit lassen die Ausnützung unbeeinflußt (C. v. Voit).

Werden der Nahrung unvollständig zerkleinerte zellulosehaltige Bestandteile beigefügt (grob zermahlenes Mehl, Pumpernickel), so kann die Resorption der sonst gut aufnehmbaren Teile der Kost herabgesetzt werden.

Bei mittleren Nahrungsmengen werden die Kohlehydrate etwas besser resorbiert als die isodynamen Fettmengen; will man aber mehr als etwa 600 g Kohlehydrate zuführen, so wird die zu große Belastung des Darmes mit den voluminösen Kohlehydraten am besten durch Fettbeigabe behoben. Die Form, in der die Kohlehydrate geboten werden, ist auch von Belang, das Vorstehende bezieht sich auf das Stärkemehl, Wassergelöste Kohlehydrate treten in erheblichen Mengen schnell aus dem Darm über, bedingen aber dann leicht alimentäre Glykosurie.

Über die Ausnützung der Spannkraft siehe oben die Versuche über den physiologischen Nutzeffekt S. 55.

Eine ungleiche Ernährung des Körpers kann unter Umständen die Wirkung einer ungleichen Ausnützbarkeit der Nahrungsmittel sein; solche Fälle sind des öftern schon bei der Ernährung solcher Personen, die nicht frei nach ihrer Wahl essen können, beobachtet worden, wie bei Strafgefangenen.

Animalismus und Vegetarismus.

Wir haben eben erörtert, daß die Wahl der Nahrung nur eine scheinbar freie ist und uns vielfach durch die Körperzustände diktiert wird. Wir haben auch den großen Einfluß, den die Erziehung auf die Wahl der Nahrung ausübt, zu beachten. Bekannt sind die verschiedenartigen Sitten des griechischen Altertums, die jüdischen und andere religiösen Speiseverbote.

Wir sehen aber auch außerdem seit einigen Jahrzehnten bei uns in Europa ein bestimmtes Nahrungsregime, das viele Anhänger besitzt, den sogenannten Vegetarismus.

Wenn man die Ernährung verschiedener Völker betrachtet, so wird man wenige finden, bei denen ein erheblicher Prozentsatz nur von Animalien lebte. In der Säuglingsperiode freilich wird nur durch die Milch die Ernährung durchgeführt, den Erwachsenen aber sehen wir allenfalls zeitweise, niemals allgemein sich nur mit Animalien versorgen. Betrachtet man die Landbevölkerung, so lebt sie auch heute vielfach der Hauptsache nach von Vegetabilien, daneben werden noch kleine Mengen von Milch, selten Fleisch, oder in Italien neben der Polenta Käse, in Japan neben Reis getrockneter Fisch und frisches Fleisch genossen.

Nur bei der städtischen Bevölkerung treten, besonders bei den besser situierten Klassen der Kulturvölker Europas und Amerikas, die Fleischspeisen mehr in den Vordergrund.

Es hat sich nun seit vielen Jahrzehnten, von England ausgehend, die vegetarische Bewegung geltend gemacht, in ihren Grundgedanken eine Abwendung von dem englischen Fleischabusus, die strengste Richtung verlangt unbedingten Ausschluß aller Animalien, andere lassen die Milch als Nahrungsmittel zu, was kein Vegetarismus genannt werden kann.

Den Gründen, mit denen der Vegetarismus gestützt wird, wie die Gesundheitsschädlichkeit des Fleisches durch Trichinen, Bandwürmer, bakterielle Infektionen, lassen sich natürlich ebenso zahlreiche Schädigungen durch die Vegetabilien, Mutterkornvergiftungen, Solaninvergiftungen (bei keimenden Kartoffeln), Vergiftungen durch Schwämme entgegenhalten.

Solche Zusammenstellungen haben heute kaum mehr Bedeutung, da die zufälligen Infektionen durch Nahrungsmittel eine viel größere Rolle spielen als die spezifischen; Nahrungsmittel können zu Trägern von Infektionserregern werden, gleichgültig, ob sie pflanzlicher oder tierischer Natur sind. Noch unhaltbarer sind die aus dem anatomischen Bau der Menschen abgeleiteten Gründe für den Vegetarismus; man leitete aus seinem Gebisse und der Ähnlichkeit mit dem anthropomorphen Affen als naturgemäße Kost die vegetarische Kost ab, mit vorwiegendem Genuß von Früchten. Man vergißt dabei, daß der Mensch die Kochkunst kennt und daß er alles, was für seine Zähne nicht paßt, für diese in geeignete Form bringt, ja daß er auch statt mit den Zähnen mit Instrumenten seine Nüsse knackt, mit Messer und Gabel trennt, was ihm zu zäh erscheint. In den Vegetarismus verwebte sich zu allen Zeiten ein gut Teil falscher Humanismus einerseits (Tolstoi, „Du sollst nicht töten") und Naturheilkunde andererseits.

Die Literatur über den Vegetarismus und Experimente an Vegetariern haben einen großen Umfang angenommen, wir wollen uns hier auf das Unentbehrlichste der Tatsachen beschränken.

Die Möglichkeit eines rein vegetarischen Lebens ist von niemandem bestritten worden, von den Animalien kann man mit Sicherheit sagen, daß reine Fleischkost und Eierkost als regelmäßige Verköstigung überhaupt unausführbar ist.

Die Vegetabilien enthalten Eiweißstoffe, vegetabilische Fette sind zahlreich zur Verfügung, wir haben in den Kohlehydraten der Pflanzenkost nicht nur Fettbildner, sondern auch Glykogenbildner. Die Pflanzenfresser im Tierreich sind natürlich überwiegend an Zahl und Masse.

Über Menschen mit vegetabilischer Lebensweise haben wir eine große Anzahl von Beobachtungen aus den verschiedensten Klimaten (A. W. Schröder, Arch. f. Hyg. 1886, IV, S. 39; C. Kellner und Mori, Z. f. Biol. 1888, XXV, S. 102). Je nach der Wahl der Vegetabilien werden manchmal sehr große Nahrungsvolume notwendig (1237—4248 g pro Tag), natürlich läßt sich auch daran sparen, wenn man reichlich Fett zugibt. Es ist klar, daß bei dem großen Volumen mancher vegetabilischen Kost, weil diese eben mit viel Wasser von der Zubereitung her versehen ist, auch das Trinkbedürfnis solcher Leute ein relativ kleines ist.

Voluminöse Kost sollte man vermeiden, denn die Magenwandungen werden durch sie stark gedehnt, der vergrößerte Magen neigt zu Dyspepsien, voluminöse Kost verlängert die Mahlzeit über Gebühr, ein stark gedehnter voller Magen macht schwerfällig für Bewegungen, sie nötigt auch zur Erhöhung der Zahl der Mahlzeiten. Sehr voluminöse Kostordnungen sind insofern auch fehlerhaft zu nennen, weil man auch beim ausschließlichen Genusse von

Vegetabilien ein Übermaß der Magenfüllung bei verständiger Auswahl der Speisen vermeiden kann; allerdings kann hier aber ein wichtiger sozialer Gesichtspunkt Schwierigkeiten bereiten, der Preiswert der Nahrungsmittel. Vegetarische Kost von kleinem Volumen ist allemal auch teurer als die dem Minderbemittelten zugänglichen vegetarischen Ernährungsformen.

Das Pflanzenreich enthält so viele Nahrungsmittel, daß natürlich die vegetarische Speisekarte auch nicht ärmlich zu sein braucht. Der von Constantinidi und C. Voit beobachtete Vegetarier genoß Grahambrot, Pumpernickel, Äpfel, Feigen, Datteln, Orangen, Olivenöl. Solch eine Kost zeigt eine mittlere Ausnützung, es gibt Vegetabilien, die sich noch besser verwerten lassen. Das einzig Charakteristische solcher Kostformen liegt in dem geringen Eiweißreichtum. (C. Voit, Z. f. Biol. XXV, S. 278.)

Man hat das physiologische Verhalten des Menschen bei animalischer und vegetabilischer Kost untersucht, ohne irgendeinen tiefgreifenden Unterschied zu finden. Nach Stähelin (Z. f. Biol. 1907, XLIX, S. 219) fehlt jeder Einfluß auf die Körpertemperatur, auf den Puls, auf die mittelst Ergograph feststellbaren Leistungen des Muskels. Die Leukozytenzahl nach einer Fleischmahlzeit steigt rascher als nach einer vegetabilischen (l. c. S. 230). —

Von falschen Voraussetzungen ausgehend hat man früher zu der Zeit, als man für die Muskelarbeit fälschlich den Verbrauch von Eiweißstoffen annahm, natürlich auch das Eiweiß insofern überschätzt, als man in ihm einen kraftspendenden Nahrungsstoff sah. Aus dieser Prämisse hat man dann gefolgert, daß die Vegetabilien nicht in der Lage seien, einen kräftigen Körper zu verschaffen. Solche Vorstellungen widersprechen durchaus unserer wissenschaftlichen Erkenntnis; weder wird unter normalen Verhältnissen Eiweiß bei der Muskelaktion als Kraftquelle verbraucht, noch auch kann man durch Eiweiß allein eine bedeutende Muskelmasse schaffen, dazu gehört die körperliche Übung, diese aber kann ein Vegetarier und Nichtvegetarier sich verschaffen.

Es gibt Vegetarier, welche ausgezeichnete Sportsleistungen vollbringen (siehe bei Caspari, Arch. f. Phys. 1905, Bd. 109, S. 473), ebenso Menschen, die zu analogen Leistungen bei gemischter oder überwiegend animalischer Kost bei großer oder kleiner Eiweißzufuhr fähig sind (Chittenden, Physiolog. economy in nutrition, London 1905).

Charakteristisch für die vegetabilische Kost ist ihr relativ niedriger Eiweißgehalt; wenn man nicht gerade dauernd die Leguminosen bevorzugt wird man stets niedrige Eiweißwerte in der Kost des Vegetariers finden müssen. Dieser Umstand hat dahin geführt, daß mit den Fragen des Vegetarismus, die Frage nach der für den Menschen nötigen minimalsten Eiweißmenge zusammengeworfen wurde. Wir werden diese wichtige Frage ganz getrennt behandeln, sie hat prinzipiell mit dem Vegetarismus gar nichts zu tun.

So ist der Vegetarismus nun im Laufe der Zeit in den Dienst einer gewissen Mäßigkeitsbewegung getreten. Wer die Speisen aus dem Tier- und Pflanzenreich wählt, hat eine größere Auswahl als der Vegetarier. Fleisch eignet sich auch besonders zu den mannigfaltigsten Gerichten, es liegt in der Natur der Sache, daß die konzentrierten Fleischgerichte auch die Möglichkeit bieten, den Getränken in der Mahlzeit einen breiteren Rahmen zu verschaffen. Die Kunstfertigkeit einer hochentwickelten Küche läßt sich ohne die Animalien nicht denken; es liegt auf der Hand, daß der Vegetarismus

an sich einen gewissen Mäßigkeitstrieb, der gewiß dem Körper bekömmlich ist, in sich schließt und zur alkoholischen Enthaltsamkeit führt.

Die Bevorzung der animalischen Nahrungsmittel in der Kost der sehr vermöglichen Leute hat außer der Lust an den Freuden des Mahles noch unbewußt einen kosmetischen Grund. Der Abusus der Animalien führt in der Regel so gut wie nie zu körperlicher Fülle und Fettsucht, ein Übermaß und Schwelgen auf vegetarischem Gebiete aber sicher zur letzteren.

Häufig findet man die Meinung vertreten, daß die Art der Nahrungsmittel auch gewisse Einflüsse auf die psychische Sphäre des Menschen ausübe, besonders die älteren Handbücher der Nahrungsmittelkunde wußten eine ganze Reihe solcher Erscheinungen aufzuzählen; Beziehungen zu gutem oder schlechtem Schlaf, die Art der Träume, Beziehungen auch zur sexuellen Erregung u. dgl. Es soll nicht geleugnet werden, daß einzelne solcher Wirkungen beobachtet werden können, im großen und ganzen ist es wahrscheinlicher, daß die Wirkungen mehr allgemeiner Natur sind, als rein spezifischer, allgemeiner insofern, als Verzögerung und Beschleunigung der Verdauung, besonders die Ausdehnung derselben auf die Schlafzeit eine Beeinflussung der Tiefe und Art des Schlafes bewirken kann.

Genaueres über den Einfluß auf die sexuelle Reife oder die Begünstigung erotischer Erregung ist bis jetzt nicht festgestellt, kann aber vielleicht in dem allgemeinen Satz ausgedrückt werden, daß eine üppige Fleischkost in der sexuellen Entwicklungszeit weniger vorteilhaft ist, als eine etwas reizlosere Kost.

Wir haben keinen vernünftigen Grund, die Animalien von den Speiseordnungen der Menschen auszuschließen; der Grad der Bevorzugung der Animalien ist mehr eine soziale Frage, auf die wir noch später zu sprechen kommen; bei spärlichem Einkommen wird jeder notgedrungen mehr oder minder Vegetarier.

Die Wertigkeit der Nahrungsmittel für den Stickstoffersatz.

Wenn wir im vorhergehenden von einer Wahl aus dem Gebiet der animalischen wie vegetabilischen Nahrungsmittel gesprochen haben, so haben wir die Möglichkeit, aber nicht die Zweckmäßigkeit jeder beliebigen Kostform zugegeben. Man könnte also mit allen möglichen Nahrungsstoff-Kombinationen die Ernährung durchführen, mit Eiweiß, Eiweiß und Fett, Eiweiß und Kohlehydraten und mit Eiweiß, Fett und Kohlehydraten. Von diesen Kombinationen fallen zwei ohne weiteres aus, die reine Eiweißkost, die im praktischen Leben schon deshalb unmöglich ist, weil kein Nahrungsmittel nur Eiweiß führt, und der Trieb zur Abwechselung eine solche Monotonie, welche sich nur in Eiweiß- und Fettkost ausprägen würde, nicht zuläßt; denn außer Fleisch und Ei kennen wir keine Nahrungsmittel, die diesen Ernährungsformen genügen würden. Die drei Komponenten Eiweiß, Fett, Kohlehydrate sind in frei gewählter menschlicher Kost also immer enthalten.

Da die Versorgung mit Eiweiß nun speziell für die allgemeine Volksernährung gewisse Schwierigkeiten bietet, hat man der Frage, welche Eiweißmenge unbedingt zur Ernährung der Menschen gefordert werden müsse, eine besondere Bedeutung beigelegt; die Versuche, ein solches Eiweißminimum zu finden, stellen eine so umfangreiche Literatur dar, daß man an dieser Stelle verzichten muß, darauf einzugehen.

Das Eiweiß in der Kost ist unersetzlich, wie schon S. 96 dargelegt worden ist, weit variabler können die Relationen von Fetten und Kohlehydraten sein.

Die Frage des Eiweißminimums suchte man durch zahllose praktische Feststellungen der verzehrten Eiweißmengen herauszufinden. Voit hatte zuerst die Forderung aufgestellt, daß ein kräftiger arbeitender Erwachsener 118 g Eiweiß für den Tag erhalten solle. Die verschiedensten Beobachter fanden selten mehr, häufig weniger an Eiweiß in der Kost, haben aber vielfach ihre Beobachtungen unter so variablen Bedingungen und mit so unvollkommener Methodik ausgeführt, daß ein großer Teil der Ergebnisse als unverwertbar ausscheiden muß. Häufig genug hat man nicht einmal die Gewichte der Personen festgestellt, oft nur den Harnstickstoff gemessen, die Ausscheidungen im Kot nicht berücksichtigt, bisweilen nicht einmal festgestellt, ob die betreffenden Personen sich im Zustand des N-Gleichgewichts fanden, d. h. sich erhielten (einiges der älteren Literatur findet sich bei Bowie, Z. f. Biol. XV, 1879, S. 459; Bleibtreu-Bohland, Pflüg. Archiv 1885, XXXVI, S. 165, u. 1886, XXXVIII, S. 1 und C. Voit, Z. f. Biol. XXV, S. 267).

Die Möglichkeit, mit weit kleineren Mengen von Eiweiß, als man früher annahm, auszukommen, ging schon aus den Versuchen des Verfassers (Z. f. Biol. XV, 1879) hervor, ohne daß diese eine entsprechende Beachtung gefunden hätten.

Die Tatsache, daß man mit weniger als 118 g Eiweiß auskommen könne, ließ sich auf Grund zahlreicher Versuche späterer Zeit (von Hirschfeld [1888], Klemperer [1889], Peschel [1889], Sivén [Skand. Arch. 1900, X, S. 116], Cederkreutz [1902], Landergren [1903], Ernberg, Folin, Röhl, Chittenden [1905] und Klerker [1907]) nicht im geringsten bezweifeln. Die wichtigsten Versuche sind jene von Neumann (Arch. f. Hyg. 1902, XXXXV, S. 1), der zwei Jahre mit 69—74 g in der Kost lebte, dann die von Sivén (Selbstversuche), dessen Eiweißverbrauch bis 35 g täglich sank, und jene von Chittenden an vielen Personen, selbst solchen mit starken sportlichen Leistungen, durchgeführt (Physiological economy in nutrition, London 1905), bei einem Verbrauch von 73—81 g Eiweiß pro Tag.

Die Widersprüche zwischen den Forderungen für das unbedingte Eiweißminimum sind nicht genügend aufgeklärt, doch liegt die Sache sehr einfach. Schon 1883 hatte ich darauf verwiesen, daß man mit kohlehydratreicher Kost den Eiweißkonsum auf 6 Proz. der verbrauchten Kalorienmenge herabdrücken kann, dies hat sich später unter den verschiedenartigsten Umständen als durchaus zutreffend erwiesen, auch wenn man keinerlei überreichliche Kohlehydratmengen wählte, und 1898 haben Heubner und ich am normalen Säugling dargetan, daß dieser im Erhaltungsgleichgewicht mit so wenig Eiweiß lebt, daß dieses nur rund 5 Proz. der Gesamtkalorien ausmacht (Z. f. Biol. XXXVI, S. 1) bei einem Verhältnis der Nahrungsstoffe von rund 8,2 Proz. Eiweiß, 43,8 Proz. Fett, 48 Proz. Kohlehydrate. Daraus folgte, daß ein Erwachsener mit 31,4 g Eiweiß seinen Bedarf zu bestreiten in der Lage sei, wenn sich auf ihn die Verhältnisse des Säuglings übertragen lassen (Rubner, Volksernährungsfragen, 1908, S. 17).

Es liegt also an sich kein Grund vor, wenn wir nicht auch beim Erwachsenen auf die (s. o. S. 96) Abnutzungsquote des Eiweißes im Konsum herunterkommen sollten, ferner haben wir auch schon auseinandergesetzt, daß der körperliche Zustand, besonders vorausgehender Eiweißverlust, den Bedarf an Eiweißstoffen unter diesen Umständen vermindere. Zweifellos sind unter den verschiedenen angeführten Fällen auch solche vorhanden, auf welche dieses Argument zutrifft.

Ein besonders wichtiger Umstand liegt aber in der Beziehung zwischen dem zu erreichenden Eiweißminimum und der Art des Nahrungsmittels. In verschiedenen Versuchen mit reiner Brotkost hatte Verfasser folgendes gefunden.

Eiweißverbrauch des Mannes von 75 kg pro Tag.

Im Brot Eiweiß verzehrt	Darin reines Eiweiß	Eiweiß-umsatz in Harn und Kot	Bilanz des Eiweiß-konsums	Reineiweiß im Brot und Eiweiß-abgabe vom Körper
47,3	35,2	73,9	— 26,6	61,8
64,3	46,3	94,3	— 30,0	76.3
77,5	59,4	104,9	— 27,4	87,0
82,5	59,2	103,7	— 21,4	82,9
81,5	58,7	92,6	— 11,1	69,8
104,4	75,2	99,8	+ 4,6	70,6
		Mittel **94,9**		**74,1**

Der kräftige Mann hatte im Mittel bei Brot einen Verbrauch von N-Substanz von **95** g pro Tag, neben Eiweiß kommen im Brote aber auch noch eine größere Menge von N-haltigen Körpern vor, die nicht Eiweiß sind, diese nach mittleren Werten durch Rechnung eliminiert, gibt das Reineiweiß, das hier **74,1** g im Durchschnitt betrug (siehe auch bei Rubner, Physiologie der Nahrung und Ernährung in Leydens Handbuch der Ernährungstherapie 1897, S. 133), fast die gleichen Werte erhält man auch für die groben Roggenbrotsorten (rund 90 g für N-Substanz und 70 g für das Reineiweiß).

Ganz wesentlich von den Zerealien weichen die Kartoffeln ab; der Verbrauch an N-Substanz war rund 48 g, was, auf Reineiweiß bezogen, nur 34 g etwa ausmacht; die eine Versuchsperson hatte sich dabei wirklich nicht nur mit ausschließlicher Kartoffelkost erhalten, sondern sogar noch etwas Eiweiß abgelagert.

Aus diesen Erfahrungen ging mit voller Bestimmtheit hervor, daß die Art der Nahrung auf das zu erzielende Minimum des Eiweißverbrauchs einen bestimmten Einfluß ausübt.

In neuester Zeit hat auf meine Veranlassung K. Thomas die Frage der Beziehung der Art der Nahrung auf das zu erzielende Eiweißminimum eingehend untersucht (Arch. f. Phys. 1909, S. 219). Durch eine N-freie, kohlehydratreiche Kost stellt sich der Erwachsene nach einigen Tagen auf etwa 3—4 g N im Harn ein (wobei etwa 1 g N bei gut resorbierbarer Kost noch außerdem im Kot erscheinen). Der Körper verliert beim Übergang zu diesem Tiefstand an N-Ausscheidung etwa 20—25 g an Körper-N, was bei einem Manne von 70—75 kg unwesentlich erscheint. Somit erreicht man ein N-Minimum von 4 g pro Tag, mit einem Energiewert von rund 104 kal; bei 2400 kg/kal pro Tag für den Kraftwechsel treffen auf Eiweiß 4,3 Proz., in üblicher Rechnung entsprechen 4 g N etwa 25 g Eiweißsubstanz.

Reicht man nach erlangtem N-Minimum dem Menschen verschiedene Nahrungsmittel zur sonstigen N-freien Kost, so läßt sich finden, wieviel von den eingeführten N-Substanzen notwendig sind, um ein N-Gleichgewicht herzustellen; würden alle Nahrungsmittel gleichartig sein, so müßte man mit denselben Mengen N in der Zufuhr ein Minimum erreichen können, dies ist nach den Versuchen von Thomas ganz und gar nicht der Fall und es werden dadurch auch die von mir auf Grund der Erfahrungen an Brot und Kartoffeln gemachten Schlußfolgerungen allgemein bestätigt.

Den Grad, in welchem die verschiedenen Nahrungsmittel durch ihre N-Substanz den N-Verlust vom Körper aufheben bzw. ein Minimum erreichen lassen, nennen wir die biologische Wertigkeit der N-Substanzen. Kann man mit genau ebensoviel N, als während der Periode N-freier Kost im Harn und Kot ausgeschieden wurde, den N-Verlust ersetzen, so ist die Wertigkeit = 100, braucht man doppelt soviel, so nennen wir die Wertigkeit 50 usw. Von letzterer Substanz muß ich daher doppelt soviel N-Substanz einführen. Als Ersatzfaktor wollen wir die Zahl bezeichnen, mit der man den N-Verbrauch bei N-freier Kost multiplizieren muß, um die Menge der täglichen N-Substanz der Zufuhr zu erfahren. Nach diesen Vorbemerkungen werden nachfolgende Zahlen ohne weiteres verständlich sein:

	Biolog. Wertigkeit	Ersatzfaktor
Rindfleisch	104	0,96
Milch	100	1,00
Schellfisch	95	1,05
Kabeljau	92	1,09
Reis	88	1,14
Krabben	79	1,27
Hefe	70	1,43
Kasein, verdaut	70	1,43
Weizenmehl	39	2,55
Kartoffel	79	1,27
Blumenkohl	84	1,19
Spinat	64	1,56
Erbsen	55	1,82
Kirschen	78	1,29

Bei diesem Versuche findet also ein Austausch der Nahrungs-N-Substanz mit der im Hunger zerfallenden N-Substanz statt, die letztere ist, wie wir aus den Versuchen des Verfassers wissen, von geringerem energetischen Wert als Muskelfleisch, womit obige Ergebnisse übereinstimmen. Die biologische Wertigkeit der untersuchten animalischen Nahrungsmittel ist im Gesamtdurchschnitt höher als jene der vegetabilischen Substanz, ganz abgesehen von der Verschiedenheit der Ausnützung.

Die tryptischen Verdauungsprodukte des Kaseins sind minderwertiger als die Einführung der unveränderten Nahrungsstoffe in der Milch. Das Eiweißminimum gestaltet sich also verschieden, je nach der N-Substanz; diese Wertigkeit beruht nicht etwa nur auf den verschiedenen Nahrungsmitteln an Reineiweiß und N-haltigen Extraktivstoffen. Es mögen noch einige Fälle angeführt sein, bei denen die täglichen Ausscheidungen von N im Harn für das Minimum genau bestimmt wurden.

Man erhielt bei demselben Manne (70—75 kg) nach Thomas ein Minimum bei Milch, welche so durch Verdünnen mit Wasser und Zugabe von Zucker hergestellt wurde, daß sie der Muttermilch entsprach, mit

4,0 g N.,
bei Kartoffelkost mit 5,3 g N.,
bei Brot mit . . . 13,1 g N.

Hierzu hätte man noch die täglichen Verluste an N mit dem Kote bei Animalien rund 1,08 N, bei Vegetabilien etwa gerade so viel, da die Ausnützung sehr günstig war, zu rechnen.

Der kleinste Eiweißbedarf wird bei Milch also

$4,0 + 1,0 = 5$ g N d. i. $5 \times 6,25 = 31,2$ g N-Substanz

(nach gebräuchlicher Berechnung); der Erwachsene kann sich also genau auf jenes Eiweißminimum einstellen, welches sich nach der Untersuchung von Heubner und Verfasser am Säuglinge für den Erwachsenen hat berechnen lassen.

Es ist endlich noch zu berücksichtigen, daß die eiweißreichen Animalien nur dann eine so hohe Wertigkeit erreichen, wenn sie fraktioniert, d. h. in kleinen und zahlreichen Einzelmahlzeiten aufgenommen werden. Genießt man nur einmal des Tages eine große Portion Fleisch, so ist die Wertigkeit geringer, als wenn man das Fleisch auf zwei Mahlzeiten verteilt.

Wenn wir also sehen, wie sehr die Ausnützung, die Art der Zufuhr der eiweißreichen Nahrungsmittel, die biologische Wertigkeit der Eiweißstoffe der Nahrungsmittel, endlich auch noch der Ernährungszustand des Körpers einwirken, so erklärt es sich auch, daß eine Übereinstimmung der Experimente über den minimalsten Eiweißbedarf nicht zu erzielen ist, weil spezifische Besonderheiten der Nahrungsmittel in Frage kommen. Insbesondere sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß die beiden Hauptkonstituenten der Kost der breiten Massen, Brot und Kartoffeln, so prinzipiell verschieden sind.

Erfrischungsmittel.

Die Arbeitsleistung des Menschen führt seine geistige und körperliche Natur zur Ermüdung. Letztere kann in physiologischer Weise am naturgemäßesten durch die Ruhe wieder abgeglichen werden, als generelle tägliche Ausgleichsvorrichtung dient der Schlaf. Die Aufgaben des Kulturmenschen erlauben nun aber nicht immer, die Lebenshaltung so einzurichten, wie es diesen einfachsten Grundsätzen der physiologischen Funktionen entspräche, die Aufgaben des täglichen Lebens erfordern im Kampfe ums Dasein dringend ihre Erfüllung. Der Mensch ist gezwungen, die ersten Gefühle der Ermüdung zu bekämpfen, er kann dies mit Aufwendung von mehr oder weniger Willenskraft. Der Kampf zwischen Pflicht und Leistungsfähigkeit kann aber in erheblichem Maße erleichtert werden durch Getränke wie Kaffee, Tee, Kakao usw., deren Alkaloide die Eigenschaft haben, die Willensermüdung, die häufig die primäre Ursache auch der eigentlichen mechanischen Arbeitsermüdung ist, aufzuheben.

Es ist aber sicher, daß wir im Interesse einer gesunden Entwicklung von solchen Erfrischungsmitteln erst einen Gebrauch machen sollen, wenn der normale Ausbau des Körpers vollendet ist. In der Entwicklungsperiode soll die Ruhe das alleinige Mittel bleiben, das den ermüdeten Körper wieder ins normale Gleichgewicht zu bringen hat.

Für den Erwachsenen können die alkaloidführenden Erfrischungsmittel, wenn mit ihnen kein Mißbrauch getrieben wird, durchaus als eine unentbehrliche Beigabe der Kost für viele Menschen, besonders für die Leute mit geistiger Arbeit, angesehen werden.

Die alkoholischen Getränke sind zweifellos als generelle Erfrischungsmittel entbehrlich. Ihr Wert für die Beförderung der geistigen Leistungsfähigkeit ist, wenn er überhaupt nachweisbar sein sollte, sehr unbedeutend, und was die Beseitigung der muskulären Ermüdung anlangt, so ist er nur lann vorhanden, wenn bei alternden Personen oder momentanen Überinstrengungen Kollapszustände, die mit mangelnder Herztätigkeit zusammenıängen, drohen.

Die pathologischen Wirkungen der Alkoholika sind bei den Menschen so hervortretend, daß ihr gelegentlich mehr medikamentöser Nutzen dagegen zurücktritt.

Besonders bedenklich sind sie für jugendliche Personen deshalb, weil lie alkoholische Anregung eine ganz ausgeprägte erotische Richtung annimmt und dadurch in naher Beziehung zu der Verbreitung der Geschlechtskrankheiten steht.

V. Abschnitt.

Praktische Ernährungslehre.

Regulation der Nahrungsaufnahme bei freier Wahl.

Die Nahrungsaufnahme und die Getränkeaufnahme geschieht beim Erwachsenen in getrennten Akten, beim Säugling ist diese Scheidung noch nicht vorhanden.

Die Nahrungsaufnahme wird durch das Appetits- und Hungergefühl geordnet. Die Speisen werden in mehreren über den Tag verteilten Rationen genossen, viele Tiere genießen nur eine einzige tägliche Mahlzeit. Wenn die dem Körper zugeführten Speisen allmählich aufgebraucht sind, entsteht das Appetitsgefühl, das Verlangen nach Nahrung, begleitet sehr häufig von Verlangen nach bestimmten Speisen. In dieser Zeit kann auch der Anblick von Gerichten dieses Verlangen lebhaft steigern. Der Appetit ist meist schon dadurch in seiner Intensität verändert und verringert, daß man überhaupt zu essen beginnt, also noch ehe nennenswerte Mengen von Stoffen in Zirkulation geraten sein können. Ist längere Zeit keine Nahrung aufgenommen worden, so erscheint das Hungergefühl als dringendes Verlangen nach Speise, oder als Heißhunger, der den Menschen verblendet und veranlaßt, selbst an sich ungenießbare Teile aufzunehmen.

Dem Appetit und Hunger einerseits entspricht die Sättigung, Übersättigung und Ekel in anderer Richtung.

Bei dem Gefühl der Sättigung spricht auch der Füllungsgrad des Magens eine wichtige Rolle; dies Gefühl hat mit dem richtigen Nährwert der Speisen gar nichts zu tun.

Der Dehnungszustand des Magens hängt ganz von dem Volumen der Speisen ab, die man in der Regel aufnimmt. Arbeiter haben daher, weil sie mehr

und größere Mahlzeiten einnehmen als ein Nichtarbeiter, einen Magen von größerem Volumen.

Setzt man Leute mit stark gedehntem Magen bei völligem Ruhezustand auch auf Ruhekost, so werden sie das Gefühl der Sättigung bei der Mahlzeit nicht in wünschenswerter Weise erreichen; macht man das Volumen der Kost kleiner durch Fettgaben an Stelle von kohlehydrathaltigen Nahrungsmitteln, so tritt der gleiche Übelstand ein. Umgekehrt kann eine voluminöse Kost dem an eine konzentrierte Kost Gewöhnten in der ersten Zeit sehr lästig fallen, so daß überhaupt zu wenig Nahrung aufgenommen wird.

Appetit und Hunger als Regulationsmechanismus sind wandelbar und veränderlich. Jede Massenvermehrung des Körpers, sei sie durch Muskeln, sei sie durch Fett bedingt, ändert das Nahrungsbedürfnis. Die Verringerung des Körpergewichts braucht, wenn sie längere Zeit konstant erhalten wird, nach einem längeren Übergangsstadium zu keinerlei abnormem Hungergefühl Veranlassung zu geben.

Das Appetitsgefühl ist außerordentlich von psychischen Einwirkungen abhängig. Es wird vorzeitig geweckt durch den Anblick, den Geruch, selbst durch die anderweitig erregten Vorstellungen von Speisen. Gehobene Stimmung fördert meist die Lust am Essen, beschleunigt wird es, wie selbstverständlich durch alles, was den Konsum an Nahrung steigert, und vor allem auch durch die Einwirkung frischer Luft.

Eine Verminderung des Appetits hat alles, was auf Unreinlichkeit der Speisen und ihre Zubereitung hinweist; es kann, wenn eine solche als unappetitlich erkannte Speise genossen ist, sogar nachträglich noch zum Erbrechen kommen, ein Schutzakt gegen die Gesundheitsschädigung durch schlechte Kost.

Ungünstig wirken gemütliche Depressionszustände, Sorgen, Kummer irgendwelcher Art, dauernder Aufenthalt in Stuben, besonders aber angestrengte geistige Arbeit, Aufregungen ein. Die Nahrung kann dann dauernd in zu geringer Menge aufgenommen werden; das Sättigungsgefühl kommt schnell, das Hungergefühl spät. Die Wirksamkeit äußerer Reize auf den Appetit ist abgestumpft.

Wird trotz dem Mangel des Appetits die Nahrung aufgenommen, so kann die Verdauung still stehen oder so verlangsamt werden, so daß irreguläre Umsetzungen vor sich gehen oder nachträglich Erbrechen eintritt. Auch der tiefe Schlaf kann nach Mahlzeiten, die kurz vor dem Einschlafen eingenommen werden, ähnlich wirken.

Der Appetit ist nicht nur ein quantitativ wirkender Regulationsmechanismus, er wirkt auch qualitativ richtig, indem er uns durch die Lust nach bestimmten Speisen veranlaßt, die Nahrungsstoffe in richtiger Proportion zu genießen.

Wahrscheinlich gibt es auch rein pathologische Vorgänge des Appetits, die dann Veranlassung zur Überfülle des Ansatzes, namentlich von Fett, werden können, oder zur Abmagerung führen können.

Entwickeln sich auf Grund von psychischen Einflüssen abnorme Zustände des Körpers, so werden diese selbst zur Abhilfe drängen, besonders der schlechte Körperbestand wird durch die verminderte Leistungsfähigkeit oder durch erzwungene erhöhte Leistungen Nahrungsaufnahme verlangen und auf diesem Wege allmählich eine Besserung des Körpers erzielen.

Normale Hilfsmittel zur Hebung des Appetits sind die zweckmäßige Körperpflege, Verhütung der Überarbeitung, richtiges Gleichgewicht zwischen geistiger und Muskelarbeit.

Die Erscheinungen der Essenslust fallen meist schon zusammen mit Veränderungen im Verdauungskanal, sie erzeugen bereits Reizung der Organe zur Tätigkeit auf reflektorischem Wege, denen sodann ein weiterer Anreiz durch die Aufnahme der Nahrungsmittel (Kauen, Schmecken) und deren Resorption im Magen folgt. Die Drüsen bereiten die Verdauungssäfte völlig angemessen, wie es die Resorption erfordert.

Die einfachsten Ansprüche an die Kost werden in der Regel dann gestellt, wenn es sich um solche Menschen handelt, welche dauernd starke Arbeitsleistungen zu bieten haben, vorausgesetzt, daß ihre körperliche Beschaffenheit sie zu solchen wirklich tauglich macht. Besonders bei der Arbeit im Freien sehen wir die Störungen des normalen, die Nahrungsaufnahme regelnden Appetits so gut wie nie gestört. Auch eine einfache Kost versieht den Zweck der Körpererhaltung aufs beste.

Bezüglich der Wahl der Speisen hängt vieles beim Menschen von der Erziehung ab. Bestimmte Vorurteile über den Wert der Nahrungsmittel und Speisen werden uns schon in der Jugend eingeimpft, von ihnen vermag sich die Hauptmasse der Menschen zeitlebens nicht mehr frei zu machen. So wird der Kreis der Nahrungsmittel, welche zur Ernährung als tauglich betrachtet werden, uns künstlich eingeengt, es bedarf oft eines ganz besonderen energischen Entschlusses, um sich von solchen Fesseln frei zu machen. Der Konservatismus in Sachen der Ernährung tritt bei den Einwanderern in Amerika sehr deutlich in die Erscheinung, sie behalten oft noch jahrelang ihre heimatliche Küche bei. So hält, wie Atwater und Bryant gezeigt haben, der Deutsche, der Pole, Russe, Franzose, Italiener und Engländer der orthodoxe Jude, der Böhme an den Speisegewohnheiten seiner Heimat oft länger fest als an Sprache und anderen Lebensgewohnheiten.

Es gibt für jeden Menschen einzelne Speisen, die er Tag für Tag genießen kann, ohne ihrer überdrüssig zu werden, so mundet den meisten zeitlebens das Brot, andern die Kartoffel, die Polenta usw.; im Gegensatz dazu beobachtet man das Abgegessensein besonders häufig bei einer genußmittelarmen Kost oder solchen Speisen, denen ein besonders penetranter Geruch und Geschmack anhaftet. Für dieses Abgegessensein kann auch manchmal die Konsistenz verantwortlich gemacht werden, breiige Speisen werden auf die Dauer gewöhnlich zurückgewiesen.

Niemals ist der eigentliche Nährwert, wie er durch den Gehalt an Nahrungsstoffen präsentiert wird, maßgebend für die volkstümliche Wertschätzung, sondern immer nur der leider imponderable, aber damit nicht unwichtigere Geschmackswert; die Wirkung auf den Appetit und dessen Beeinflussung der Verdauungsvorgänge steht in allererster Linie.

Daher ist es auch unsere Aufgabe, so viele Genußmittelwerte durch die Kochkunst herauszuarbeiten als irgend möglich ist.

Der Genußwert wird erhöht durch die Erwärmung, welche die Verdunstung der riechenden Bestandteile vermehrt, auch die Lösungsmöglichkeiten bei dem Kauen im Munde steigert. Das Kauen hat nicht nur den Zweck der Zerkleinerung der Kost, sondern auch die Aufgabe der Speichelsekretion zu vermehren und die Auslaugung schmeckender Bestandteile möglichst vollkommen zu machen.

Der Durst regelt die Flüssigkeitsaufnahme und kann zweckentsprechend auch nur durch Wasseraufnahme gedeckt werden. Getrunkene Flüssigkeiten mischen sich nicht immer willig mit dem Mageninhalt, sondern können durch Faltenbildung im Magen direkt nach dem Darm geleitet werden.

Hunger- und Durstgefühle und ihre Befriedigung regulieren die Nahrungsaufnahme so, daß ein normaler Mensch mit geringen Schwankungen sein Körpergewicht Jahrzehnte beibehält. Es sind instinktive Vorgänge insofern, als wir uns ihren Wirkungen nicht dauernd entziehen können. Sie beherrschen unsern Willen, unsere Neigungen werden uns in qualitativer und quantitativer Hinsicht von den Bedürfnissen des Körpers diktiert.

Die krankhaft veränderten Neigungen, wie sie vielfach vorkommen. gehören nicht in den Rahmen dieses Buches, nur mag erwähnt sein, daß in der Periode des Wachstums solche Neigungen zur Bevorzugung einzelner Nahrungsmittel und zur Abneigung von anderen häufig sind und bekämpft werden müssen.

Im Alter nimmt die Feinheit der Sinnesempfindungen, auch die von Geschmack und Geruch, erheblich ab. Daher die Neigung älterer Leute zu stark gewürzten und gesalzenen oder auch sauren Speisen. In der Jugend sollte man solche Extreme tunlichst vermeiden, bekömmlich ist das Maß scharfer Reize auch im Alter nicht.

Soziale Einflüsse auf die Nahrungswahl.

Der Animalismus und Vegetarismus spielt in der Ernährung des Volkes eine ganz charakteristische Rolle insofern, als zwischen der Kost der Landbevölkerung und Stadtbevölkerung ganz durchgreifende Unterschiede vorhanden sind. Im allgemeinen kann man sagen, daß überall bei der Landbevölkerung und besonders auch unter der europäischen Bevölkerung die Vegetabilien oft einen so überwiegenden Anteil nehmen, daß man nahezu einen reinen Vegetarismus vor sich hat, zum mindesten den in der gemilderten Form, daß allenfalls von den Animalien noch die Milch und Milchprodukte Verwendung finden, das Fleisch aber selten und ausnahmsweise genossen wird. In der Stadtbevölkerung dagegen sehen wir immer mehr und mehr die Tendenz hervortreten, dem Fleisch einen großen Anteil an der Ernährung zuzuschieben; das gilt nicht nur für die höheren Stände, sondern auch für die Arbeiterfamilien (Rubner, Volksernährungsfragen, l. c., S. 84). Bei Minderbemittelten werden ca. 20—30 Proz. des Gesamtgeldaufwandes für die Nahrung nur für die Kosten der Fleischgerichte hingegeben. In der städtischen Kost ist der Gebrauch des Fleisches immer allgemeiner geworden. Seit 1877—1895/96 ist der Fleischkonsum pro Kopf der Bevölkerung von 110—135 g pro Tag auf 194 g gestiegen. Die Fleischkost ist im allgemeinen ein Zeichen der Wohlhabenheit, das Gebaren der wohlhabenden Familien bringt den Fleischkultus zu Ehren. die allgemeine Kost der Speisehäuser baut sich im wesentlichen auf die Fleischgerichte auf.

Zu einer annähernden Vorstellung über den Konsum der zwei wesentlichsten animalischen Nahrungsmittel in Großstädten mag folgendes mitgeteilt sein; es betrug der Verbrauch pro Kopf und Tag:

	an Fleisch	an Milch
in Berlin	135 g	—
„ Königsberg . . .	93 g (dazu 35 g Fischfleisch = 128 g)	383 g

	an Fleisch	an Milch
in London	274 g	107 g
„ München	230 g	562 g
„ Paris	160 g	228 g

Diese gemischte, an Fleisch mehr oder minder reiche Fleischkost bietet den Vorteil, daß sie ohne allzuviel Kochkunst zu einer wohlschmeckenden wird, und man kann auch wohl sagen, daß sie dort, wo sie von den Künsteleien einer übermäßig verfeinerten Küche frei ist, auch einen günstigen Einfluß auf den Verdauungsvorgang übt, den wir den Fleischextraktivstoffen verdanken. Der Fettreichtum einer solchen Kost macht sie auch konzentriert, das Volumen der Mahlzeiten ist relativ klein, die Dauer der Mahlzeit nicht zu lange, ein Umstand, der sich dem intensiven, hastigen Betriebe des Großstadtlebens gut anpaßt. Der städtische Aufenthalt an sich, das Leben in geschlossenen Räumen, der Bewegungsmangel bei vielen Berufen, die geistige Anstrengung bedingen häufig genug einen mangelnden Appetit, der durch eine genußmittelreichere Kost abgeglichen werden muß.

Die Art der Verköstigung hängt aber in ganz hervorragendem Maße von der Größe des Einkommens ab. Dies geht am klarsten hervor, wenn wir die Nahrungsmittel, welche man für eine Mark erhält, nachfolgend zusammenstellen.

Nahrung	g	kg/kal	N-Substanz
Kartoffel	16666	18724	333
Erbsen	4166	14747	937
Schwarzbrot	5350	13492	412
Reis	3333	11358	233
Rinderfett	1042	9588	—
Weißbrot	2180	5973	148
Zucker	1100	4510	—
Grünkohl	5000	4050	200
Magermilch	11100	4007	340
Vollmilch	5000	3280	165
Rote Rüben	6250	2843	94
Getrocknete Äpfel	1111	2689	10
Butter	333	2567	—
Frische Heringe	832	2395	194
Karotten	5000	2195	53
Billiges Rindfleisch	770	2149	119
Pflaumen	1000	2095	21
Wirsing	1460	1891	151
Bier	3571	1500	21
Pferdefleisch	1250	1441	251
Marzipan	312	1404	29
Gutes Rindfleisch	641	1019	98
Äpfel	2000	1082	8
Eier	745	1060	93
Spinat	2000	762	74
Blumenkohl	2000	712	50
Schinken	360	641	90
Kopfsalat	2000	410	28

Bei einem Einkommen von:

3000 M. verwendet man für die Kost 57 Proz. = 1710 M. jährl. = 469 Pfg. pro Tag
1500 „ „ „ „ „ „ 61 „ = 915 „ „ = 251 „ „ „
700 „ „ „ „ „ „ 67 „ = 469 „ „ = 128 „ „ „
350 „ „ „ „ „ „ 70 „ = 245 „ „ = 67 „ „ „

Mit schwankendem Einkommen und Änderung der Nahrungsmittelpreise fluktuiert also die Masse der Menschen an diesem Thermometer des Wohlgeschmackes auf und ab. Weitaus am billigsten sind die Kartoffeln, Erbsen und Schwarzbrot, das billigste Gemüse der Grünkohl, das billigste animalische Nahrungsmittel (vom Fett abgesehen) die Milch, das billigste Fleisch der Hering. Das Pferdefleisch steht, wie man sieht, zu hoch im Preise. An Stelle der teuren Butter wird Kunstbutter, Rindertalg, Speisefett, billiges Öl verwendet. An Stelle des billigsten Fleisches treten bisweilen das Fleisch minderwertiger Tiere der Freibanken, das Weißbrot wird durch Schwarzbrot oder Kartoffeln ersetzt, der Kaffee durch Surrogate oder die billige Brotsuppe. Es ist sehr häufig so, daß sich zuerst bei vermindertem Einkommen nicht der Gehalt an Eiweiß, Fett und Kohlehydrat in der Kost mindert, sondern nur die Geschmacksqualität der Kost, und das wird als Armut empfunden. Die Zahl der Gerichte ändert sich, die schmackhaften Zutaten bleiben weg, die Fleischsuppe kann nicht mehr bezahlt werden, schließlich reicht der Aufwand kaum mehr zu warmen Speisen hin. Die billigen Nahrungsmittel sind sehr häufig auch minderwertig, oft halb verdorben; die Verfälschung spielt bei der minderen Ware in der Stadt eine große Rolle.

So entsteht das, was man in der Stadt eine Armenkost nennt, obschon sie sich in vielen Fällen nur wenig von dem unterscheidet, was man auf dem Lande noch als eine nicht ungewöhnliche Form der Ernährung bezeichnen würde. Die ärmlichere Kost auf dem Lande hat aber immer noch zumeist den Vorzug, daß die Nahrungsmittel direkt von den Produzenten stammen und der Verfälschung nicht so ausgesetzt sind wie in der Stadtkost. Eine Verschiedenheit besteht aber meist in der Richtung, als auf dem Lande eine Reihe von Vegetabilien zu wesentlich billigeren Preisen zu haben ist als in den Städten, vor allem die landläufigen Gemüse, und zumeist unter den Animalien die Milch.

Von einer wirklichen Unität der Landkost kann man heutzutage freilich auch nicht mehr sprechen, wenigstens müssen die Verhältnisse beim Großgrundbesitz und beim Kleingrundbesitz wohl geschieden werden (Rubner, Volksernährungsfragen, S. 84). Von 100 Erwerbstätigen waren 1882 noch 43,4 in Land- und Forstwirtschaft beschäftigt, 1895 nur mehr 35,2. Von den in der Landwirtschaft Beschäftigten gehörten 1898 21,4 Proz. zur unbemittelten Klasse, 77,4 Proz. zur Mittelklasse, und 1,2 Proz. zu den Vermöglichen.

Die Lage mancher landwirtschaftlicher Arbeiter ist hinsichtlich der Ernährung manchmal recht ungünstig geworden, weil sie bei dem niedrigen Einkommen auch nicht immer sich mit gutem Nahrungsmaterial versehen können. Die Zentralmolkereien, mit ihrem Export nach den Städten, entziehen dem Lande Milch und Milchprodukte und bringen es dahin, daß man mehrfach auf dem Lande schon anfängt, Surrogate wie Kunstbutter, Speisefett zu genießen, und daß die Milch für den ländlichen Arbeiter zu teuer wird.

Indes, es ist immerhin noch ein Umstand zu berücksichtigen, der die Lage des Landarbeiters besser erscheinen läßt, als die eines Fabrikarbeiters unter gleichen Verhältnissen der Ernährung in der Stadt.

Ein sehr bemerkenswerter Unterschied in der Wirkung derselben Kost in Stadt und Land besteht in der Richtung, daß es sich auf dem Lande,

besser gesagt, bei der Landarbeit, um Personen handelt, welche einen reichlichen Bedarf an Nahrungsstoffen überhaupt haben. Ein mittlerer Arbeiter braucht im Tage etwa 3080 kg/kal, welche man durch folgende Vegetabilien bestreiten kann:

3080 gr	Kartoffel	mit 83 gr	N-Substanz	= 54	Reineiweiß
800 „	Reis	„ 75 „	„	= 71	„
800 „	Mais	„ 78 „	„	= 74	„
1500 „	Schwarzbrot . .	„ 98 „	„	= 88	„

Dadurch ist der Eiweißbedarf, vom Mais abgesehen, wohl zu decken. Wenn wir es aber mit der städtischen Fabrikbevölkerung und ähnlichen Arbeitskategorien zu tun haben, so ist hier der Nahrungsbedarf, weil keine den Kraftwechsel stark in Anspruch nehmende Arbeit geleistet wird, nur auf 2300—2600 kg/kal zu veranschlagen; dann wären die Verhältnisse folgende. Es kann das Energiebedürfnis gedeckt werden durch:

2400 gr	Kartoffel	= 65 gr	N-Substanz	mit 42	Reineiweiß
685 „	Reis	= 58 „	„	„ 55	„
620 „	Mais	= 60 „	„	„ 57	„
1031 „	Brot	= 70 „	„	„ 63	„

Daraus folgt, daß man wohl noch mit Kartoffel, auch mit Reis, nicht aber mit Brot und Mais auch nur das physiologische Minimum dieser Nahrungsmittel erreicht. Wenn daher die vom Lande Zugewanderten bei ihrer alten Kostform bleiben, so kann es leicht sein, daß der Eiweißgehalt der Kost zu klein wird, oder daß sie eben genötigt sind, andere Zusätze von Animalien sich zu verschaffen. Der geringere Konsum von Nahrungsstoffen bringt es also wirklich zu einer ungenügenden Eiweißzufuhr, die durch irgendeine andere Form der Eiweißzufuhr gedeckt werden muß. Die billigen Leguminosen werden dazu selten verwendet, sie bieten zu wenig schmackhafte Speisen, und durch ihre breiige Konsistenz gerade bei einer sonst gleichförmigen Kost zu wenig Abwechslung. Es besteht also mitunter ein berechtigter Grund nach einer Vermehrung des Eiweißes in der Kost, und dieses Bestreben richtet sich naturgemäß bei den städtischen Verhältnissen nach den Fleischgerichten, unter denen die Wurstwaren und ähnliches trotz ihres hohen Preises eine bevorzugte Stellung deshalb einnehmen, weil sie keiner weiteren Zubereitung bedürfen und auch in kleinen Mengen im Handel zu kaufen sind.

Eine sehr verhängnisvolle Einwirkung auf die Ernährungsverhältnisse hat der Alkoholismus; schon die Kinder nehmen Alkohol auf. Gerade bei kleinem Einkommen werden vielfach — ohne daß man schon von Trinkerfamilien sprechen könnte — 10—15 Proz. des gesamten Einkommens für Alkohol ausgegeben (Rubner, Volksernährungsfragen, S. 120).

Der Alkoholgenuß hat aber noch den besonderen Nachteil, daß er dadurch, daß er dem Kraftwechsel dient, zwar in der Ernährung eine Bedeutung hat, er verdrängt aber zugleich die anderen Nahrungsmittel, und setzt dadurch, besonders wenn an und für sich nur wenig Eiweiß in der Kost vorhanden ist, die tägliche Zufuhr von Eiweiß herab. Fälle von Schnapskonsum, bei denen bis zu 30 Proz. aller Kalorien durch Alkohol gedeckt sind, scheinen keine Seltenheiten. Will aber eine solche Familie nicht allzusehr körperlich herunterkommen, so muß trotz dem Genuß des teuren

Alkohols ein weiterer Aufwand für die Beschaffung eiweißreicher Kost gemacht werden. Der verarmende Trinker wird häufig genötigt sein, zur Kartoffelkost als ultimum refugium Aushilfe zu nehmen und durch den Schnaps selbst wieder diese Kost verschlechtern, weil er die Menge des eingeführten Eiweißes vermindert.

Gesichtspunkte zur Beurteilung der Volksernährung.

Unsere Betrachtungen haben uns gelehrt, daß vielfach die Kost aus rein sozialen Gründen aus den Vegetabilien und zwar aus solchen gewählt werden muß, die durch ihren Eiweißgehalt und die Eigenschaften ihrer Eiweißkörper zur Erhaltung des normalen Körperbestandes nicht immer geeignet erscheinen.

Hinsichtlich der Beurteilung der Kost im Volke ist man sehr oft von ganz falschem Gesichtspunkte ausgegangen und zu recht unzutreffenden Schlüssen gekommen.

Man hat glattweg jede überwiegend vegetabilische Kost verurteilen wollen, man hat von einem Eiweißmangel gesprochen, wenn nicht wenigstens 100—120 gr Eiweiß in der Kost gefunden wurden; man hat von einer die Gesundheit schädigenden Ernährung gesprochen, wenn man nicht wenigstens eine gewisse Summe täglichen Fleischkonsums zu erlangen in der Lage war; man hat endlich solche Kostformen, die man für Mittelbegüterte aufgestellt hat, als eine Art von Normalkost betrachtet, nach der die öffentliche Ernährung beurteilt werden müsse.

Eine solche Normalkost gibt es weder, was den Gesamtenergiebedarf anlangt, noch auch, was die nähere Zusammensetzung einer Kost betrifft. Besonders häufig hat man die von Voit für einen mittleren Arbeiter aufgestellte Kostform zum Vergleich herangezogen, ganz unberechtigterweise.

Der Physiologe versteht unter mittlerem Arbeiter einen Beruf, in welchem die mechanische Arbeitsleistung in einer Tagesleistung von 10stündiger Arbeitszeit gegeben ist. Der soziale Begriff Arbeiter bedeutet ganz etwas anderes; im sozialen Sinne gibt es Arbeiter, deren tägliche Arbeitsleistung sich in nichts von einem Rentner unterscheidet. Ein Hauswart hat keinen anderen Nahrungsbedarf im Dienste, als wenn er durch einen Glücksfall reich geworden, ohne Arbeit sein Leben weiterführt.

Ebenso unberechtigt war es, den Eiweißkonsum mit den Voitschen Werten oder anderen in Vergleich zu stellen, ob genügend Eiweiß vorhanden sei; wir haben schon oben auseinandergesetzt, daß es einen einheitlichen Eiweißbedarf gar nicht gibt. Die Voitschen Angaben beziehen sich nur darauf, wie man nach den in Städten üblichen empirischen Ernährungsformen eine gemischte Kost zusammenzustellen habe.

Erfüllt die Kost ihren Zweck, den Körper im normalen Gesundheitszustand zu erhalten, nicht, so haben wir die Gründe festzustellen, welche sie ungenügend machen.

Die Kost kann im ganzen ungenügende Mengen von Energie zuführen. Dies wird man nur selten durch eine experimentelle Untersuchung und immer nur in einem Übergangsstadium auffinden können, denn der Körper stellt sich auf eine zu geringe Kost bald durch Abmagerung ein.

Zu diesem Entscheide, ob die Kost ungenügend sei, ist der vorhandene Körperzustand selbst viel wichtiger als die gerade vorgefundene Menge der Kalorien. Die Gründe der ungenügenden Kost können in zu geringem Ver-

dienste zu suchen sein, sie können aber auch in der unrichtigen Zusammensetzung der Kost liegen, in der Wahl zu eiweißarmer Nahrungsmittel, ungünstige Ausnutzung, Vorwiegen von Nahrungsmitteln mit unzureichender Wertigkeit der N-haltigen Stoffe, im Aufwand für Alkohol, Benutzung von Nahrungsmitteln, die für den Konsumenten zu teuer sind, und deshalb in zu geringen Quantitäten aufgenommen werden.

Von sozialen Mißständen kann man nur reden, wenn der Erwerb tatsächlich nicht hinreicht, eine genügende Kostmenge zu beschaffen.

Ebensowenig ist man berechtigt, aus dem Mangel an Fleisch in der Kost, oder selbst der Animalien eine Gesundheitsschädlichkeit an sich abzuleiten. Jede Kostform muß man für sich betrachten und man wird dabei zuvörderst darauf achten, ob die Speisebereitung an sich nicht Mängel darbietet, ob die Ausnutzung eine rationelle ist, ob sich nicht um die gleiche Geldsumme auch bessere Nahrungsform beschaffen läßt; endlich, ob nicht durch Geldaufwand für den Alkohol die Ernährung im ganzen leidet.

Die Ernährung des Chinesen, Japaners, Negers, des Europäers verschiedener Nationalität müssen, so grundverschieden sie im einzelnen sein mögen, jede für sich betrachtet, ihren Zweck erfüllen.

Wir haben bei der Beurteilung der Kost zwei Dinge grundsätzlich auseinander zu halten:

a) den objektiv erweisbaren Schaden; b) die sozialen Wirkungen.

Bei allen Betrachtungen über die Nahrungsverhältnisse muß die Kritik des Ernährungszustandes in erster Linie stehen. Dies ist besonders für alle jene Fälle zu bedenken, in denen die Beurteilung einer Kost in Frage steht. Wirkungen einer Kost zeigen sich nicht von heute auf morgen. Die extremsten Veränderungen der Überernährung und Unterernährung vollziehen sich im täglichen Leben meist in längeren Perioden. Ein geringes Mehr oder zu Wenig der Kost summieren sich in ihren Effekten auf den Körper nach Wochen und Monaten zu sehr bedenklichen Veränderungen. Die häufigste Abweichung nach oben ist der Fettreichtum, der zu verschiedenen Störungen Veranlassung geben kann; zunächst zur Arbeitsunlust, weil die Wärmeregulation, wie wir oben besprochen haben, nicht mehr richtig funktioniert, ferner gefährdet sie durch Überwärmung und Hitz- oder Wärmeschlag in tropischen Klimaten, auch in unserem Klima bei hochwarmer Sommertemperatur und zwar nicht nur für Arbeitszustände, sondern auch für die Ruhezustände und besonders auch unter dem Einfluß der spezifisch-dynamischen Wirkung der Nahrung. Die Atmung wird durch den Hochstand des Zwerchfelles wegen der Anhäufung von Fett im Abdomen erschwert, die Magenfülle belästigt und übt auf das darüber liegende Herz und durch den Druck eine Störung aus. Durch den steigenden Mangel an Bewegung wird die Gefahr der Verfettung noch größer.

Zur Entfettung kommen am sichersten die physiologischen Gesichtspunkte in Betracht, Schutz des N-Bestandes durch genügende Eiweißzufuhr, Mehrung des Fettbedarfes namentlich durch Arbeit unter geeigneten Temperaturverhältnissen.

Zur Beurteilung des Körperzustandes genügt es nicht, nur das Körpergewicht anzugeben, sondern es muß zum mindesten auch die Körpergröße mit berücksichtigt werden. Auch dies ist noch kein präziser Ausdruck z. B. für störende Fettanhäufung, weil das Fett wie in der Jugend gleichmäßig auch an den Extremitäten abgelagert sein kann, im Alter aber nur als Bauchfett auf-

tritt. Von Bornhardt (Petersburger med. Wochenschr. 1886, S. 208) wird zur Beurteilung der Körperkonstitution folgende Formel entwickelt: wenn H = Körpergröße, C = mittlerer Brustumfang, so ist das Körpergewicht P für eine mittlere Konstitution $P = \frac{H \cdot C}{240}$; für kräftige Personen $P = \frac{H \cdot C}{256 \cdot 8}$; für schwächliche Personen $P = \frac{H \cdot C}{209 \cdot 8}$; Messungen in größerem Umfange scheinen bisher nicht gemacht zu sein.

Beim hungernden Tier läßt sich (s. o. S. 95) aus dem Eiweißverbrauch bei Hunger (wenn keine Eiweißfütterung vorausgeht) der Gehalt des Körpers an Fett ziemlich genau angeben; ein Mittel, das für den Menschen naturgemäß nur beschränkte Anwendung finden kann.

Die Wirkung der Unterernährung läßt sich aus den zahlenmäßigen Befunden über das Körpergewicht gewiß ableiten. Aber auch die bleiche Haut an sich verrät eine schlechtere Ernährung bei solchen Personen. Die biologischen Eigenschaften des Blutes in Hinsicht auf bakterizide Wirkung sind beim Unterernährten geringer (Forster). Die Blässe ist als Oligämie aufzufassen. Nach E. Voit ist die Menge des Blutes bei Hungerzuständen herabgesetzt. Haut und Skelett nehmen zu, reduziert sind alle Drüsen (Leber, Milz, Pankreas, Niere), nicht nur absolut, sondern auch relativ, während der Muskel, obschon er stark an Gewicht verliert, doch die ursprüngliche relative Zahl zum Körpergewicht beibehält. Der Unterernährte wird allmählich eine, anatomisch-physiologisch betrachtet, andere Persönlichkeit.

In allererster Linie muß also das quantitativ Ungenügende der Kost durch die schlechte Beschaffenheit des Körpers konstatiert werden. Dabei ist aber noch besonders der Umstand der Arbeitsanforderungen zu erwägen. Wenn ein Unterernährter nur eine schwache Arbeit leistet, wie ein Schneider, Hauswart, Zeichner u. dgl., so ist seine körperliche Situation eine ganz andere, als wenn man dem Schlechtgenährten zwar mehr an Nahrung als für die Ruhe notwendig wäre, zuführt, ihn dabei aber schwere Arbeit leisten läßt. Dieselbe Arbeitssumme, welche von dem Gutgenährten leicht geleistet wird, ist bei der geringen Muskelmasse des Schlechtgenährten eine schwere Arbeit, die den Körper konsumiert und nur unter größter Willensanstrengung mit Beschwerden und Widerwillen geleistet wird. Überarbeitungen sind dann an der Tagesordnung. Dieser Gesichtspunkt der relativen Überanstrengung muß fest im Auge behalten werden.

Das zu geringe Körpergewicht des Menschen kann auf zweierlei Weise zustande kommen, durch zu geringe Gesamtmenge der Kost bei an sich genügender Eiweißmenge, dann nimmt der Körper an Gewicht ab, hat aber eine Eiweißmenge, die über seinem Minimum liegt, oder es kann das Eiweiß von Anfang zu gering sein, dann magert er ab, bis er mit der kleinen Eiweißmenge ins Gleichgewicht kommt. Der erstere ist dann immer noch günstiger gestellt wie der zweite, wie wir gleich erörtern werden.

Nimmt der Körper durch Verlust an lebender Substanz an Masse ab, so macht sich bald Schlaffheit, Trägheit und Energielosigkeit geltend. Es kommt leicht zu einem Konflikt zwischen Pflicht und körperlicher Leistungsfähigkeit. Die Arbeit wird zur Last, die depressorische Gemütsstimmung gelangt in die Oberhand. Der Herabgekommene arbeitet mit maximalster Ausnutzung der Muskeln, der Normale immer noch mit einer gewissen

Arbeitsreserve. Die Ermüdung tritt beim ersteren schneller ein wie beim letzteren. Schwere Arbeit macht rasch altern und disponiert den Menschen zu allen möglichen Erkrankungen viel frühzeitiger als es seinem wirklichen Lebensalter entspricht. Beim Schlechtgenährten liegt die Gefahr immer nahe, daß er zu künstlichen Mitteln greift, um sich aufzufrischen, und dieses Mittel wird in der Regel der Schnaps sein (Rubner, Volksernährungsfragen, S. 100).

Die Kost darf sich, um einen Organismus bei richtigem Bestande zu erhalten, nicht in den Grenzen eines physiologischen Eiweißminimums bewegen. Ich habe darüber schon einige Angaben gemacht, aus dem diese Größe zu ersehen ist (s. o. S. 140), und zwar unter Berücksichtigung normaler Körperbeschaffenheit.

Eine Eiweißzufuhr, die sich hart an der Grenze des physiologischen Minimums bewegt, bringt für den Körper große Gefahr. Selbst wenn man wirklich die Nahrungszufuhr ganz exakt regeln wollte, was praktisch ganz unmöglich ist und bei freier Wahl niemals völlig erreicht wird, müßten sich Übelstände herausstellen (Rubner, Volksernährungsfragen 1908, S. 12 usw.).

Wir müssen berücksichtigen, daß die Nahrungsmittel keine absolut gleichmäßige Zusammensetzung besitzen, sondern um gewisse Mittelwerte im Eiweißgehalt, wie in anderer Hinsicht schwanken, wir müssen bestimmte Variationen der Nahrungsmittel gestatten, um die Eintönigkeit der Speisen zu vermeiden, wir müssen damit rechnen, daß wohl auch kleine individuelle Schwankungen im Eiweißbedarf durch Arbeitsleistung nicht unter allen Umständen auszuschließen sind, Differenzen in der Resorption sich a s Folge verschiedener Zubereitung oder durch Einwirkung anderer Art auf den Darmkanal sich geltend machen können.

Bei einer ungenügenden Eiweißzufuhr, welche unter dem Eiweißminimum liegt, sind die Folgen ganz andere, als wenn man mehr Eiweiß gibt, und so einen Teil des Fettes oder der Kohlehydrate ausschaltet und dann gelegentlich weniger Eiweiß verabreicht. Zum Begriffe des physiologischen Minimums gehört, daß auch die kleinste Minderung der Zufuhr den Bestand der lebenden Masse des Körpers angreift. Bei einem Überschuß von Eiweiß über das physiologische Minimum liegt an einer gelegentlichen Verminderung der Eiweißzufuhr gar nichts, sie hat keine andere Folge als die, daß Fett und Kohlehydrate an Stelle von Eiweiß verbrennen. Bei Unterschreitung des Minimums kommt es sofort zum Zusammenbruch der Körpersubstanz, zur partiellen Inanition. Die absoluten Mengen von mangelndem Eiweiß, welche unter diesen Umständen verhängnisvoll werden können, sind sehr gering.

Wenn der Mensch auf einem Minimum von 5 g Tagesstickstoffausscheidung angekommen ist, wird 1 g N zu wenig in der Zufuhr nur mehr für einen Körperbestand (Organbestand) von $^{8}/_{10}$ des Normalen reichen, und eine Verringerung um 2,5 g N pro Tag, würde vielleicht mit der Zeit den Hungertod durch Eiweißmangel herbeiführen; weil dann nur noch so viel Eiweiß in der Kost vorhanden ist, als annähernd für die halbe Körpermasse nötig ist; eine solche Reduktion führt in der Regel zum Tode.

Zeitweilige Verminderung der N-Zufuhr unter das Minimum könnte sich auch bei gleichbleibenden physiologischen Bedingungen niemals wieder ganz ersetzen, wenn nicht wieder ein gleichwertiger Überschuß dem Minimum beigefügt wird.

Daraus ergibt sich die Forderung, daß man bei der praktischen Ernährung das physiologische Minimum unbedingt zu meiden hat.

Über den Bedarf an Nahrungsstoffen beim Erwachsenen.

Handelt es sich um die Normierung einer Kost, die für Menschen bestimmten Berufes notwendig ist, so wird die erste Frage die Quantitätsfrage sein, wie groß ist der Kraftwechsel? Dieser wird im wesentlichen durch die mechanische Arbeitsleistung beherrscht.

Das Arbeitsmaß der Berufsarbeiter kennen wir, physikalisch betrachtet, überhaupt nicht, weshalb man sich für die Praxis genügend genau damit behilft, Beobachtungen an gleichartigen Berufen heranzuziehen. So unterscheidet sich z. B. ein Schreiber, ein Zeichner und Bureauarbeiter, eine Näherin und ein Schneider im Energiebedarf überhaupt nicht. (Übliche Bezeichnung „leichte Arbeit.")

Auch die Berufe, wie die eines Arztes, Rechtsanwalts, Beamten, Kaufmanns, Studenten liegen im Energiebedürfnis nicht wesentlich höher. In neuerer Zeit ist allerdings ein Umschwung insofern eingetreten, als der Sport sich in Kaufmannskreisen und bei den akademischen Berufen mehr und mehr einbürgert, diese Leistungen erhöhen natürlich den Nahrungsbedarf wesentlich, so daß er im Durchschnitt mit dem Konsum der folgenden Arbeitsklasse zusammenfallen dürfte. Wird der Sport zur Hauptsache, der Beruf zur Nebensache, dann lassen sich auch noch weitere Steigerungen des Kraftwechsels finden.

Einer mittleren Arbeitsstufe („mittlere Arbeit") wird ein Dienstmann, Briefträger, Zimmermann, ein Schreiner, Böttcher, Schlosser, Schuhmacher, der Soldat entsprechen. Einer Arbeitskategorie mit „schwerer Arbeit" entspricht die Schmiedearbeit und vor allem die Feldarbeit, die Arbeit des Lastträgers.

In besonderen Fällen kommen auch noch größere berufliche Leistungen vor bei Holzfällern, bei sportlichen Vergnügungen, Bergwerksbetrieb.

Für diese Abstufungen der Berufsarbeit besitzen wir außer einer Reihe von praktischen Beobachtungen genügend Anhaltspunkte, um die mittlere Größe des Energiebedarfs angeben zu können, vorausgesetzt, daß auch das mittlere Körpergewicht einer Berufsklasse bekannt ist.

Zweifellos ist auf letzteren Umstand nicht immer genügend geachtet worden, besonders die extremen Angaben über den Nahrungsbedarf beziehen sich stets auf hervorragend robuste Leute. Von den Feldarbeitern wird in einzelnen Gegenden eine ganz verschiedene Leistung verlangt. Vor allem spielt die Ausdauer, die Arbeitszeit eine große Rolle. Leistet der einzelne weniger, dann müssen in den Betrieben eine größere Anzahl von Personen eingestellt werden.

Die Nahrung braucht nicht für jeden Tag absolut genau reguliert zu sein, soll aber doch größere Schwankungen namentlich im Eiweißverbrauch vermissen lassen. Je zahlreicher die Personenzahl ist, für welche eine Ernährung beschafft werden soll, mit desto größerer Genauigkeit gelingt dies. Unter Normierung einer Kost ist nicht zu verstehen, daß jeder einzelne ausschließlich nur die berechnete Portion erhält, sondern innerhalb des Rahmens des Gesamtkonsums einer solchen Speisegenossenschaft kann bei den wechselnden Bedürfnissen der einzelne mehr als das Mittel oder Mengen unter dem Mittel erhalten und umgekehrt.

Die Gewichte der zu versorgenden Personen müssen in geeigneter Weise bekannt sein.

Aus der Gewichtsmenge lassen sich die weiteren Daten in folgender Weise ableiten. Die Berechnung hätte sich auf die Feststellung der Oberfläche zu stützen und auf 1 qm Oberfläche à 24 Stunden würden an Reinkalorien (Kotverluste abgerechnet) sich ergeben:

im Säuglingsalter			1221	Kal.
Kind mittleren Alters			1447	„
Erwachsener	leichte Arbeit	I	1190	„
„	mittlere „	II	1420	„
„	schwere „	III	1610	„

Der Verbrauch bei den schwersten Arbeitsformen, die hieran sich reihen sollten, läßt sich nicht genau begrenzen und ist beiseite gelassen; einige Angaben finden sich später. Für die Besorgung von Nahrungsmitteln müssen dann weiter die Rohwerte der Kalorien, des Umsatzes (d. h. die Korrektur für den Kotverlust) und dann unter Berücksichtigung des Verlustes der Speisebereitung und der Abfälle beim Essen, die Rohmaterialien für den Einkauf berechnet werden.

Die freigewählte Kost der Menschen enthält immer die drei organischen Nahrungsstoffgruppen, Eiweiß, Fett, Kohlehydrate, und die Kost wird am häufigsten aus Animalien und Vegetabilien zusammengesetzt, wir nennen sie dann eine gemischte Kost. Man hat oft die Frage aufgeworfen, in welcher Weise diese einzelnen Gruppen der Nahrungsstoffe miteinander gemischt werden sollen, namentlich hat man gemeint, es müßten bestimmte Relationen zwischen N-haltigen und N-freien gegeben sein. Noch vielfach wird nach dieser völlig veralteten Anschauung die Kost der Menschen betrachtet.

Nach dem, was wir über das Eiweißminimum gesagt haben, versteht es sich von selbst, daß es solche Normen für das Verhältnis von N-freien und N-haltigen Stoffen im allgemeinen gar nicht geben kann, beziehungsweise, daß die Relation eine Funktion der Art der gewählten Nahrung ist. Durch das physiologische Minimum, das auch von der biologischen Wertigkeit abhängig sein muß, ist im allgemeinen die maximalst mögliche Beteiligung der N-freien Stoffe gegeben, z. B. würden neben Milchnahrung weit mehr N-freie Stoffe als bei Brotnahrung verabreicht werden können. Die früher geübte Bezeichnung der Gewichtsrelationen, zwischen Eiweißstoffen und N-freien Stoffen hat überhaupt keine Berechtigung mehr, da ja die N-freien Stoffe in ihrer Wirkung nicht nach Gewichten, sondern nach isodynamen Werten zu berechnen sind. Wir geben also exakter einfach die prozentige Beteiligung der einzelnen Nahrungsstoffe an den Gesamtkraftwechsel an.

Man könnte allerdings noch erwägen, ob es erlaubt ist, die Gesamtsumme der N-freien Stoffe in ihrer Beteiligung am Kraftwechsel anzugeben, oder ob es nicht zweckentsprechender ist, Fette und Kohlehydrate getrennt zu behandeln; und zwar aus dem Grunde, weil bei ausschließlicher Fettzufuhr das Eiweißminimum ein andres wird, als wenn wir noch Kohlehydrate verabreichen. Der erstere Fall spielt für den Menschen keine Rolle; nach K. Thomas findet man bei alleiniger Fettzufuhr täglich 8,10 g N im Harn, bei Kohlehydratgabe aber 3—4 g, einseitige Eiweiß- und Fettzufuhr können wir aber geradezu als für den Menschen irrelevant außer Betracht lassen,

schon die Relation von Fett und Kohlehydrate, wie sie in der Milch vorhanden sind, lassen das niedrigste Stickstoffminimum erreichen. Verschiebungen im Kohlehydrat und Fettverhältnis sind überhaupt von keiner nennenswerten Bedeutung (Tallquist, Landergren, s. auch Rubner, Volksernährungsfragen, S. 11). Verschiedenheiten der Eiweißmengen in frei gewählter Kost hängen also im allgemeinen nicht von den Relationen zwischen Fett und Kohlehydraten ab. Ich werde im folgenden die einzelnen Komponenten der Kost getrennt aufführen.

Von 100 Kal. der Nahrung treffen im Mittel bei gemischter Kost oder sonst dem Alter angepaßter Kost:

	Eiweiß Kal. Proz.	Fett Kal. Proz.	Kohlehydrat Kal. Proz.
Säugling (nach Rubner und Heubner)	8	43	49
„ später	19	53	28
Kinder	17	32	52
Wohlhabende Erwachsene (ohne eigentliche berufliche Muskelarbeit . . .	19	30	51
Mittlere und schwere Arbeit	17	16	67
Greise	17	22	61

Im Säuglingsalter wird nur Milch aufgenommen, im Kindesalter reichlicher Milch neben den anderen Nahrungsmitteln als später in der Periode der üblichen gemischten Kost, bei den Erwachsenen treten irgendwelche große Unterschiede der Beteiligung der Nahrungsstoffe am Kraftwechsel nicht hervor, die Eiweißstoffe liefern also etwa rund 17—19 Proz. der Kalorien, von den N-freien überwiegen die Kohlehydrate.

Sobald wir aber von der gemischten Kost zur einseitigen vegetabilischen Ernährung übergehen, und ein Nahrungsmittel besonders bevorzugt wird, prägen sich natürlich dessen Zahlenverhältnisse auch in den Werten über die Beteiligung der einzelnen Stoffe am Kraftwechsel aus.

Auch unter verschiedenen außereuropäischen Verhältnissen weicht die Beteiligung des Eiweißes von obigen für den Europäer geltenden Zahlen nicht weit ab. Nach Eijkmann (Virchows Arch. CXXXIII) sind in der gemischten Kost der Japaner 17,2, bei der vegetabilischen 15,5 Proz., bei Europäern in Holländisch-Indien 13,5 Proz. der Kalorien im Eiweiß vorhanden.

Das Fett kann unter Umständen in der Kost zurücktreten, in der japanischen und vegetabilischen Kost macht es nur 2—7 Proz. der Kalorien aus. Der Fettgehalt der Kost ist meist bei Animalien bedeutend erhöht.

Wenn wir also für eine bestimmte Menschengruppe die Gesamtkalorien berechnet haben, so lassen sich weiter nach den Relationen, die ich oben gegeben habe, die üblichen Mengen der Eiweiß-, Fett- usw. Kalorien feststellen, und aus diesen Werten bei Eiweiß und Kohlehydrat durch Dividieren mit 4,1 die Gewichtsmengen dieser, bei Division mit 9,3 in die mit Fett zugeführten Kalorien die Gewichtsmengen des Fettes etc. finden.

Die tägliche Erfahrung lehrt, daß die Hauptmenge der Menschen von gemischter Kost lebt, wenn die Existenzbedingungen nicht absolut hinderlich hierfür sind.

Der Begriff gemischter Kost ist aber sehr dehnbar, denn er bedeutet nur die Beteiligung der Animalien und Vegetabilien in der Kost. Ihre Mischung bietet manche Vorteile. Aber die Art der zu benutzenden Animalien

und das gegenseitige Verhältnis beider kann natürlich ein sehr mannigfaltiges sein.

Voit hat versucht, einen Vorschlag für eine gemischte Kost zu machen, welche für den mittleren Arbeiter obiger Definition bei rund 70 kg Gewicht an Nahrungsstoffen verlangt: 118 g Eiweiß, 56 g Fett und 500 g Kohlehydrat.

Den Begriff gemischte Kost hat Voit in folgender Weise beschrieben. Die Kostform soll 35 Proz. der Eiweißstoffe als Fleisch bieten, wozu in der Regel 191 g reines, bezw. 230 g vom Schlächter bezogenes Fleisch notwendig ist. Die noch restierenden 65 Proz. Eiweiß werden in andrer Weise gedeckt, ein Teil noch durch Animalien, durch die beim Frühstück gereichte Milch. Im allgemeinen wird man sogar annehmen können, daß rund 50 Proz. in animalischem und 50 Proz. in vegetabilischem Eiweiß vorhanden sind.

Vom Brot soll nach Voit nie mehr als 750 g pro Tag gereicht werden, worin 70 Proz. des gesamten Kohlehydrats sich finden. Den Rest von 30 Proz. deckt man durch Suppen und Gemüse. Statt Fleisch kann ebensogut abwechslungsweise animalisches Eiweiß in anderer gut resorbierbarer Form gereicht werden. Leber, Milz, Niere, Lungensubstanz, Milch, Eier oder die verschiedenen Fischsorten bieten Abwechslung der mannigfaltigsten Art. Brot kann teilweise durch Kartoffeln und durch Speisen, die aus Mehl von Weizen, Roggen, Reis, Mais hergestellt werden, ersetzt werden. Im besonderen läßt sich aber an Stelle von Kohlehydraten auch eine reichere Fettmenge geben, wenn außerdem nur beachtet wird, immer die Eiweißmenge auf gleicher Höhe zu halten.

Man kann annehmen, daß etwa $^4/_5$—$^5/_6$ der städtischen Bevölkerung eine gemischte Kost genießen, die im allgemeinen der dargestellten Ernährungsweise entsprechen.

Die aufgeführte Fettmenge ist nach Landessitte großen Schwankungen unterworfen. In Norddeutschland z. B. wird im Durchschnitt in der Arbeiterkost mehr Fett gefunden, als es der Voitschen Zahl entspricht, selbst unter recht ärmlichen Verhältnissen ist der Fettverbrauch größer.

Ein vielumstrittener Punkt ist der, ob 118 g Eiweiß für den kräftigen Arbeiter notwendig sind. Wenn man die Verhältnisse nach unsern heutigen Kenntnissen betrachtet, so klären sich die verschiedenartigen abweichenden Angaben in allereinfachster Weise auf.

Die Zahl Voits gilt nur für die gemischte Kost, wie er sie definiert hat, und für die übliche Art der Ernährung bei reichlicher Brotzufuhr; sie ist also kein genereller Kostsatz. Ein Hauptgrund für die Eiweißmenge dieser Größe liegt in dem Brotkonsum; bei Brot und den bei uns gebräuchlichen Zerealien können wir stets nur mit einer reichlichen Eiweißgabe ins Gleichgewicht kommen. Ferner bedingt die Aufnahme von Fleischspeisen hauptsächlich in einer der Hauptmahlzeiten, wie K. Thomas (Arch. f. Physiol. 1909, S. 236) gezeigt hat, stets einen erheblichen Mehrverbrauch von Eiweiß, den man, wenn das Fleisch in kleinen Dosen (z. B. in der häufigen Form belegten Brotes) gegeben wird, wesentlich einschränken kann.

Die Forderung von Voit ist zweifellos kein Eiweißminimum, sondern es ist ein mäßiger Überschuß an Eiweiß vorhanden. Dieses Mehr betrachte ich als einen Sicherheitsfaktor, der notwendig ist, um bei vorübergehenden Störungen verschiedener Art den Verlust von Körperstickstoff zu vermeiden, er ist unentbehrlich gerade so, wie man eine Brücke stärker baut, als die jemals maximalst vorkommende Belastung ausmacht.

Über das, was mittlere Arbeit sei, kann man landesüblich verschiedener Auffassung sein. Manche Autoren sind der Meinung, daß die Zahl von Voit noch etwas zu kleine Werte für die Kalorieen darstelle.

Atwater (Report of Storrs (Connecticut) agricultural Experiment-Station 1902—1903, S. 134) nimmt sogar einen Reinwert von 3400 Kal. an. Der Begriff mittlere Arbeit hat sich bei uns aus sozialen Gründen eher nach unten verschoben, denn die Arbeitszeit ist fast in allen Betrieben reduziert worden. Da Kostsätze bei der ungenügend scharfen Präzisierung der zu leistenden Arbeit uns nur mit einer gewissen Näherung ein Bild des Verbrauchs für gesuchte Fälle geben können, dürfen wir auch wohl nach dem Gesagten an den angenommenen Größen der mittleren Kostmenge festhalten.

Die Eiweißzahlen Voits werden von den Zahlen mancher Beobachter auch überschritten, es hängt das aber ganz mit den Erwerbsverhältnissen zusammen. Ein Arbeiter, der besser situiert ist, legt bei uns stets auch mehr in besser schmeckenden Speisen, d. h. Animalien an, man darf nicht jede praktisch beobachtete Nahrungsgröße auch als Ausdruck des absolut Notwendigen ansehen.

Bei Leuten mit sehr schwerer Arbeit findet man häufig auch einen größeren Eiweißkonsum, der sich aller Wahrscheinlichkeit, vorausgesetzt, daß es sich nicht um eine Kostform schlecht resorbierbarer Vegetabilien handelt, was auch vorkommt, daraus erklärt, daß im allgemeinen der schwer arbeitende Vater einer Familie sich nur dadurch von den übrigen unterscheidet, daß er eben mehr von den auf den Tisch kommenden Speisen ißt als die andern und so naturgemäß auch mehr Eiweiß aufnimmt. Dies geht schon aus Beobachtungen Liebigs an Holzknechten im bayerischen Gebirge hervor, ein äußerst kräftiger Menschenschlag, die bei dem enormen Energieumsatz nur 7—9 Proz. der Kalorien, d. h. 112—135 g Eiweiß zuführen. Sie leben während der Arbeitsperiode nicht mit ihren Familien. Sie decken ihren Hauptbedarf an N-freien Stoffen nicht mit Vegetabilien, sondern durch Fett (200—300 g im Tag!) und führen daher nicht unnötig Eiweiß zu (Rubner, Z. f. Biol. XXI, S. 385).

Eine ähnliche Auffassung hat auch Tigerstedt bezüglich der schwedischen Holzknechte, (deren Konsum sogar bis auf 8000 Kal. steigen soll) ausgesprochen. (Tigerstedt, Handbuch der Physiol. von Nagel, Bd. I, S. 552.) Für Personen mit leichter Arbeit hat Voit nach seinen statistischen Erhebungen rund 100 g Eiweiß für zureichend erklärt, wobei aber auch ein geringeres Körpergewicht in Frage kommt. Nach diesen Erörterungen mögen nähere Angaben über den Nahrungsstoffverbrauch unter verschiedenen Umständen angeführt sein.

Nach den bis jetzt am sichersten festgestellten Nahrungsanforderungen an die Kost von Erwachsenen läßt sich für das Körpergewicht von 70 kg rund annehmen, daß pro Tag zureichend ist an Zufuhr:

(Werte ohne Abzug für den Verlust im Kot)

	Leichte Arbeit	Mittlere Arbeit
kg/kal	2631	3094
Eiweiß	107	118
Fett	46	56
Kohlehydrate	343	500

Da diese Nahrungsmengen mit der Größe des Körpergewichts variieren, mag folgende Tabelle noch nach Körpergewichten berechnet angeführt sein:

Körpergewicht	kg/kal	Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrate g
Leichte Arbeit				
80	2864	115	49	375
70	2631	107	46	343
60	2368	96	41	309
50	2102	85	37	267
40	1810	73	32	236
Mittlere Arbeit				
80	3372	128	61	556
70	3094	118	60	500
60	2792	106	50	461
50	2472	96	43	409
40	2129	81	42	344

Bei abweichender Verköstigungsart werden natürlich andere Zahlen zugrunde gelegt werden müssen, nämlich dann, wenn statt der Animalien übermäßig viel Vegetabilien gegeben werden, und etwa solche, welche eine schlechte Ausnützung zeigen; da mitunter allein der Eiweißverlust 30 und 40 Proz. betragen kann, steigern sich dann auch die Mengen der nötigen Zufuhr entsprechend. Einige Beispiele von Kostsätzen, die an Vegetabilien sehr reich sind:

	Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrate g	kg/kal (brutto)
Venetianische Bauern (Nahrung viel Polenta und Bohnen[1])	118	64	620	3623
Russische Arbeiter (viel Schwarzbrot, Sauerkohl, Buchweizen[2])	132	80	584	3675
Schwedischer Arbeiter[3] . . .	134	79	523	3436
Feldarbeiter (viel Vegetabilien[4]) .	156	109	761	4776

In manchen Fällen werden noch viel größere Nahrungsmengen verzeichnet (s. o.), die sich wohl aus den stärkeren Körpergewichten, stärkerer Arbeit und vielleicht zum Teil auch dadurch erklären, daß diese Arbeiten (wie das Holzfällen) unter ganz exzeptionellen klimatischen Bedingungen, zumeist in der kalten Jahreszeit, ja manchmal im äußerst strengen Winter vorgenommen werden, wobei die Wärmeverluste ganz enorme sind, also eine Störung durch Wärmestauung, die sonst die Arbeit hemmt, nicht befürchtet zu werden braucht. Solche Leistungen bietet der Körper nur in vollster Manneskraft.

Eine große Anzahl von Kosterhebungen sind für amerikanische Verhältnisse gemacht und in den vom Ackerbauministerium der Vereinigten Staaten herausgegebenen Bulletins, vor allem durch Atwater und seine Mitarbeiter publiziert worden, die ähnliche Extreme (bis zu 5511 Kal.) zeigen wie die Beobachtungen an Europäern.

1) de Giaxa, Annali d'istituto d'igiene 1894.
2) Erismann, Arch. f. Hyg. IX, 1889, S. 23.
3) Bei mittlerer Arbeit; Hultgren und Landergren, Ernährung des schwedischen Arbeiters, Stockholm 1891.
4) Nach Steinheil, Ohlmüller, Ranke, s. auch König, Die Nahrungs- und Genußmittel, 1904, Bd. II, S. 388.

Für den deutschen Soldaten werden folgende Nahrungsmengen im Durchschnitt gefordert:

im Frieden .	120 g Eiweiß	56 g Fett	500 g Kohlehydrate	=	3100 kg kal
im Manöver .	135 g „	80 g „	500 g „	=	3400 „
im Feld . . .	145 g „	100 g „	500 g „	=	3630 „

Frauen haben wegen des geringeren Körpergewichts und der geringen Arbeitsleistung, die von ihnen verlangt wird, durchschnittlich einen geringeren Verbrauch.

Klimatische Einflüsse auf den Nahrungskonsum haben sich bis jetzt nicht feststellen lassen. In den Tropen wenigstens ist der Nahrungskonsum auch nur durch die verschiedenen Leistungen begründet; ein Europäer, der keine Arbeit leistet, verbraucht weniger als die Eingeborenen, welche zu allen mühevolleren Arbeiten herangezogen werden. Beim Europäer, der neu ins Land kommt und sich noch nicht gehörig akklimatisiert hat, sieht man besonders in feuchten Klimaten anfänglich einen Verfall der Körperkräfte, weil der Appetit leidet (Ranke).

Die Wasserdampfausscheidung, die enorm erhöht sein kann, erfordert reichliche Zufuhr an Flüssigkeit und die Vorsicht, überreichliche Zufuhr von N-haltiger Nahrung zu vermeiden. Die Wasserzufuhr hat nicht nur die Wärmeabgabe des Körpers zu decken, sondern auch die vermehrte Wärmezufuhr durch Sonnenbestrahlung zu kompensieren.

Was das Klima der hohen Breiten anlangt, so besitzen wir zurzeit keine eingehenden Untersuchungen. Die Kälteschutzmittel, Kleidung und Behausung, verhindern eine allzu erhebliche Einwirkung auf den Nahrungskonsum wahrscheinlich ebensosehr, wie wir uns im Winter vor den Unbilden der Witterung schützen.

Im Alter ist der Stoffverbrauch und Kraftwechsel immer kleiner gefunden worden als im kräftigen Mannesalter. Die Fähigkeit zur Arbeit nimmt ab, ebenso der Trieb zur Bewegung überhaupt; alte Leute setzen sich der Kälte nur ungerne aus, sitzen viel, ruhen lange, ihr Körpergewicht hat meist erheblich abgenommen. Die Zahnlosigkeit zwingt sie, auch einer Nahrung, die leicht gekaut werden kann, sich zuzuwenden. Nach Forster (Z. f. Biol. IX, S. 403) reichten Personen, die in einer Anstalt verpflegt wurden, mit:

Frauen . . .	79 g Eiweiß	49 g Fett	266 g Kohlehydrate	1871 kg/kal
Frauen u. Männer	91 g „	45 g „	322 g „	2152 „

Für verschiedene Körpergewichte hätte man folgende Werte:

Körpergewicht	kg/kal	Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrate g
80	2379	96	41	390
70	2176	88	38	350
60	1964	79	34	322
50	1740	70	30	309

Noch tiefer steht der Stoffwechsel der dauernd bettlägerigen Kranken, da bei ihnen alle körperlichen Anstrengungen so gut wie völlig wegfallen. Einen ungemein kleinen Nahrungsbedarf hat C. Voit (Untersuchung der Kost in einigen öffentlichen Anstalten, S. 18) bei einem Magenkranken beobachtet:

		Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	kg/kal
bei 43 kg Gewicht	täglich	77 g	32 g	183 g	1363
bei demselben bei 57 kg	täglich	118 g	45 g	437 g	2218

Der mittlere Nahrungsverbrauch einer ganzen Bevölkerung stellt sich nach Berechnungen aus dem Konsum an Nahrungsmitteln (C. Voit, Über die Kost usw., S. 25).

Pro Kopf und Tag in:

	Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrate g	kg/kal
Königsberg .	84	31	414	2394
München . .	96	65	492	3014
Paris	98	64	465	2903
London . . .	98	60	416	2661

Verfasser hat auf Grund der Bevölkerungsstatistik und unseren Kenntnissen des Nahrungsbedarfs bei mittlerer Kost im einzelnen den Bedarf einer Bevölkerung berechnet und gefunden als Bedarf.

Pro Kopf und Tag:

88 g Eiweiß 56 g Fett 342 g Kohlehydrate 2281 kg/kal,

was mit obigen Werten gut stimmt, denn obige Werte sind aus dem Gesamtnahrungsmittelverkehr (ohne die Abfälle und Verluste), die meinen als verzehrte Nahrung berechnet.

Die Ernährung der Kinder wird im IV. Band des Handbuchs behandelt werden, desgl. die Ernährung in Krankenhäusern und in Gefängnissen.

Von den Mahlzeiten.

Die Nahrungsaufnahme erfolgt beim Kulturmenschen in bestimmten Mahlzeiten, welche oft über weite Landstrecken zu den gleichen Tagesstunden eingenommen werden. Besonders gleichartig liegen die Verhältnisse bei denselben Berufsklassen. Die gewöhnlichste Form der Speiseaufnahme hat drei Mahlzeiten, das Frühstück, Mittagessen und Abendbrot. Wenn jedoch mehr Nahrung notwendig wird, wie bei einem schweren Arbeiter, so werden Zwischenmahlzeiten eingeschoben. Die erste Mahlzeit erfolgt immer kurz nach dem Aufstehen, die Mittagmahlzeit, bei uns meist die Hauptmahlzeit, zwischen 11—1 Uhr und die Abendmahlzeit nach Schluß der Arbeit zwischen 6—8 Uhr. Nach einigen Erhebungen, welche C. Voit und Forster in München und Jürgensen in Kopenhagen angestellt haben, trifft auf die

	1. Mahlzeit	2. Mahlzeit	3. Mahlzeit
von den Eiweißstoffen . . .	1/10	4/10	5/10
vom Fett	1/10	5/10	4/10
von den Kohlehydraten . . .	2/10	4/10	4/10

Von den Gesamtkalorien nimmt man nach meiner Schätzung 20 Proz. mit dem Frühstück, 46 Proz. im Mittagessen und 34 Proz. mit dem Abendbrot. Trifft das Frühstück auf 6 Uhr morgens, die Mittagmahlzeit auf 12 Uhr, das Abendbrot auf 7 Uhr, so hat das Frühstück für 6 Arbeitsstunden, die Mittagmahlzeit für 7 Arbeitstunden, die Abendmahlzeit für 11 Ruhestunden die Ernährung zu unterhalten.

Bei der Nahrungsverteilung ist zu berücksichtigen, daß dort, wo gespart werden soll, nicht die überwiegendste Menge des Fleisches nur in einer Mahl-

zeit genommen werden soll; bei Verteilung der Animalien kann man mit weniger Eiweiß auskommen, als wenn man viel in einer Mahlzeit reicht.

Die Einteilung der Mahlzeiten hängt mit den klimatischen Verhältnissen zusammen, in warmen Klimaten macht sich eine starke Mahlzeit insofern störend geltend, als bei der an sich reichen Verteilung von Blut in der Haut, die Inanspruchnahme von Blut für die Verdauungsvorgänge eine hochgradige Schläfrigkeit erzeugen muß und die Steigerung der Wärmeerzeugung durch eine große Mahlzeit unangenehm wirkt. Die Hauptmahlzeit wird daher auf die Zeit des Sonnenuntergangs verlegt. Auch in Großstädten macht sich aus anderen Gründen eine ähnliche Einteilung der Mahlzeiten geltend; da die weiten Entfernungen der Arbeitsstelle von den Wohnungen die Einnahme der Mittagmahlzeit in der Familie hindert, wird in manchen Berufsklassen eine nur durch eine kleinere Mahlzeit unterbrochene Arbeitszeit (die sogenannte englische) durchgeführt und die Hauptmahlzeit auf die späteren Nachmittagsstunden verlegt.

Vom gesundheitlichen Standpunkt ist nur eines zu fordern, daß eine Abendmahlzeit nie kurz auf die Zeit vor dem Schlafengehen verlegt werden soll, weil dadurch der Schlaf leidet und auch die Verdauung nicht immer regelmäßig verläuft. Mit Rücksicht auf den Schlaf wird man auch die alkaloidführenden Erfrischungen am Abende einschränken oder ganz beiseite lassen müssen.

Die Mahlzeiten werden zum Teil warm eingenommen; der Verzicht auf warme Mahlzeiten gilt als Zeichen äußerster Armut. Die Wärme steigert bei unseren klimatischen Verhältnissen das Behaglichkeitsgefühl, das jede Nahrungsaufnahme gewährt, die Speisen scheinen uns gehaltvoller, der Verdauungsvorgang wird begünstigt, der Genußmittelwert einer Speise durch die Vermehrung des Geruches und die leichtere Auslaugung in der Mundhöhle beim Kauen gesteigert.

In den Wintermonaten, wenn die Haut unbedeckter Teile sehr kalt ist, dauert es lange, ehe auch beim Gehen Hände und Füße warm werden, warme Getränke helfen über diese unangenehmen Empfindungen hinweg. Besonders wenn überhaupt viel Nahrung aufgenommen werden muß, werden alle drei Hauptmahlzeiten warm genossen werden. Bei Leuten mit wenig Nahrungsbedürfnis kann eine der Hauptmahlzeiten auch kalt aufgenommen werden.

Die warme bzw. vorher gekochte Kost hat gesundheitlich den großen Vorteil, daß sie uns sterile Bestandteile zuführt und so eine Reihe von Infektionsmöglichkeiten ausschließt.

Aufgewärmte Speisen gelten als wenig bekömmlich, dies hängt damit zusammen, daß sie während der Aufbewahrungszeit sich weiter verändern, ferner ist zu beachten, daß bei erneutem Erwärmen meist nochmals Veränderungen der chemischen Beschaffenheit eintreten, Abgabe von Wasser, Zusammenziehen der Fasern, Durchtränkung mit Fett. Eine rationelle Küche wird den Haushalt so zu leiten haben, daß die Speisereste einen tunlichst kleinen Bruchteil ausmachen und daß die Aufbewahrung zersetzlicher Speisen auf ein Minimum eingeschränkt wird.

Zu den Bestandteilen einer Mittagmahlzeit rechnen wir in den meisten Kulturländern die Suppen, welche Nahrung in weicher Konsistenz uns zuführen und eine außerordentlich große Abwechselung bieten können. Es ist aber nicht gleichgültig, ob nur Wasser oder Bouillon als Grundlage der

Suppe genommen wird. Die Fleischextraktivstoffe haben, wie schon Pawlow gezeigt hat, eine besonders günstige Wirkung auf die Einleitung der Verdauung; sie regen, wie Sasaki dargetan hat, die Magenschleimhaut zu einer nachhaltigen Sekretion an, sie können auch durch andere Surrogate, wie Hefeextrakte u. dgl., nicht ersetzt werden (Hoffmann und Wintgen, Arch. f. Hyg. 1908, LXI, S. 157).

Die Untersuchung der Kost.

Die Untersuchung der Kost ist eine Aufgabe, welche an den Arzt wie Verwaltungsbeamten sehr häufig herantritt. Man verfährt dabei so, daß man in den Anstalten die in der Küche zur Verwendung kommenden Materalien genau abwiegt und die Anzahl der Personen bestimmt, für welche die Kost abgegeben wird. Alkoholische Getränke dürfen nicht außer Betracht gelassen werden. Für die Nahrungsmittel werden dann die bekannten Mittelzahlen der Zusammensetzung, wie wir sie z. B. früher gegeben haben, zugrunde gelegt und die Eiweiß-, Fett- und Kohlehydratmengen berechnet.

Von den Speisen müssen selbstverständlich alle Abfälle, die sich in der Küche ergeben, abgezogen werden; so z. B. bei dem Gemüse, das sehr reichlich solche liefert. Bei dem Fleische soll wenigstens an dem einen oder anderen Tage bestimmt werden, wieviel Knochen und Fettgewebe vorhanden ist und wieviel genußfähiges Fleisch verwendet wird. Man darf annehmen, daß z. B. bei dem im großen eingekauften Fleische 8,6 Proz. Fett, 8,4 Proz. Knochen und nur 83 Proz. reines genußfähiges Fleisch geliefert wird. Im Detailverkauf erhält man noch weit mehr Knochen und Fett.

Bei diesen Berechnungen wird vorausgesetzt, daß die verausgabten Portionen wirklich ganz verzehrt werden. Dies ist aber nicht immer der Fall; daher bleibt es für genaue Untersuchungen erwünscht, auch die Überbleibsel zu untersuchen. Fleischstücke oder Brot sollen von den übrigen Bestandteilen getrennt gesammelt werden. Die übrigen Rückstände, Suppen, Gemüse usw. lassen sich gleichmäßig mischen. Man nimmt eine bestimmte Menge weg, trocknet bei 100° und bestimmt außerdem den Stickstoffgehalt nach Kjeldahl, sowie durch Extraktion mit Äther den Fettgehalt und durch Glühen den Aschegehalt. Den gefundenen Stickstoffgehalt multipliziert man mit 6,25 und berechnet damit den „Eiweißgehalt". Eiweiß, Fett und Asche, von 100 abgezogen, geben den „Kohlehydratgehalt".

Diese Methode hat noch mancherlei Unvollkommenes an sich; für die aber zurzeit in der Praxis der Ernährungslehre lösbaren Fragen reicht sie vollkommen aus.

Hat man die auf den Tag und für eine Person treffenden Eiweiß-, Fett- und Kohlehydratmengen erfahren, so wird die Kost noch weiter beurteilt:

1. nach der Menge der vorhandenen verbrennlichen Stoffe (Kalorien);
2. nach der Menge des vorhandenen Eiweißes, der Fette und Kohlehydrate;
3. hinsichtlich ihrer Ausnutzbarkeit und der Zweckmäßigkeit der verwendeten Genußmittel und anderer oben berührter Gesichtspunkte.

Bei Beurteilung einer Kost muß genauestens darauf geachtet werden, ob die der Untersuchung unterzogenen Personen die Möglichkeit haben, etwa außer der Anstaltskost auch andere Nahrungsmittel aufzunehmen.

Öffentliche Maßregeln bezüglich der Ernährung.

Die Beziehungen der Haushaltung zur Volksgesundheit sind außerordentlich bedeutungsvolle und innige. Unter Haushaltung versteht man die Ordnung der gesamten Lebensverhältnisse einer Familie oder anderer gemeinsam lebender Personen.

Die größte Bedeutung für den Staat hat der Familienhaushalt, und deshalb soll auch dessen sozialer und volksgesundheitlicher Wert vor allem berücksichtigt werden. Die natürliche Arbeitsteilung zwischen Mann und Frau verpflichtet ersteren zur Erwerbung des Familienunterhalts, die Frau ist dazu bestimmt, die Seele des Haushalts zu werden.

Ein Teil der Frauen ist durch ihre soziale Lage nicht fähig, alle Aufgaben eines Hausstandes zu erfüllen. Wenn die Erwerbsverhältnisse von ihr fordern, daß sie gleichzeitig mit dem Manne sich an die Fabrikarbeit begibt, wenn sie oft erst in den Abendstunden wiederkehrt, so ist beim besten Willen ein richtiger Haushalt nicht zu führen, obschon es auch in diesen Lebenslagen einzelne Frauen gibt, die durch ihren Fleiß alles mögliche erreichen.

Ein Grund zu der vielfachen schlechten Führung des Haushalts bei hoch und niedrig liegt in der schiefen Auffassung des Hausfrauenberufs.

Unsere gegenwärtigen Verhältnisse kranken daran, daß die Führung des Haushalts vielfach als etwas Minderwertiges angesehen wird, als eine Tätigkeit, die jede Frau nur im Notfall auszuüben braucht.

Aber auch bei den unbemittelten Klassen herrscht ein ähnliches Vorurteil; jedes Mädchen meint ohne weiteres, wenn es heiratet, in der Lage zu sein, sich zurecht zu finden. Dabei treten in Arbeiterkreisen die Mädchen oft in so jungen Jahren in die Ehe, daß sie von der Welt so gut wie nichts gesehen haben und es ihnen an jeder Lebenserfahrung fehlt. Was sie wissen, reicht nicht hin, den kleinsten Wirkungskreis als Frau zu beherrschen. Freilich, man kann allmählich aus eigener Erfahrung und durch eigene Ausbildung lernen; aber dies Lehrgeld ist teuer.

Die Haushaltsführung ist ein Beruf, der der Frau nicht angeboren wird, sondern anerzogen werden muß. Der kürzeste Weg des Lernens ist eine schulgemäße systematische Ausbildung, die alles, was in den Bereich des Frauenberufs gehört, den Schülerinnen übermittelt.

Diese Aufgaben haben die Haushaltungsschulen zu lösen. Ein wesentlicher Teil des Unterrichts muß sich mit der Herstellung der Nahrung für die Familie beschäftigen. Am besten ist die Verknüpfung dieses Unterrichts mit den höheren Klassen des Volksschulunterrichtes bezw. mit den oberen Klassen der Mittelschulen für Mädchen.

Für die ökonomische und praktische Leitung des Haushalts ist die Frau in erster Linie berufen; aber auch für die Erziehung hinsichtlich der ganzen Lebenshaltung ist die Mutter und Frau die wichtigste Persönlichkeit. Die Gesundheit der Familie wie des Volks liegt weit mehr, als man denkt, in den Händen der Frau, der größte Teil des Haushalts ist praktische Hygiene.

Einer der Hauptfehler der Haushaltung ist das planlose in den Tag hineinleben: in erster Linie muß man wissen, auf welches Einkommen man im Durchschnitte rechnen kann, und danach muß sich der Aufwand für die einzelnen Posten richten. Die Frau muß wissen, welche Ausgaben unbedingt notwendig sind, über die Notwendigkeit entscheidet aber zunächst

der hygienische Zweck. Alles, was zur Erhaltung der Gesundheit gehört, muß in erster Linie befriedigt werden.

Das Budget der Haushaltung sorgt für sehr verschiedene Konsumtionszwecke, die sich, um uns ein Beispiel anzuführen, bei einer bemittelten Arbeiterfamilie in Prozenten des Einkommens etwa wie folgt verteilen:

Auf Nahrung	62,0
„ Kleidung	16,0
„ Wohnung	12,0
„ Heizung und Beleuchtung . .	5,0
„ Erziehung und Unterricht . .	2,0
„ öffentliche Sicherheit	1,0
„ Gesundheitspflege	1,0
„ persönliche Dienstleistungen .	1,0

Wie schon die Betrachtung des häuslichen Budgets zeigt, ist die Besorgung der Verköstigung der wesentlichste Punkt; in keiner Hinsicht werden aber so viele Fehler im Haushalte gemacht, wie gerade hierin, und nirgendwo sind sie von größerer Tragweite als auf diesem Gebiete.

Die Verköstigung im Hause ist billiger zu beschaffen, als außer dem Hause. Dies trifft aber nur zu, wenn die Hausfrau kochen und einkaufen gelernt hat. Der Nachteil eines kleinen Haushalts besteht darin, daß die Preise im Kleinverkaufe höher gestellt werden als im Großverkauf und daß die Unterschiebung schlechter Ware eine sehr häufige ist — im Fleischdetailverkauf erhält man etwa 30 Proz. Knochen und Fett, während größere Stücke mehr Fleisch bieten — und daß vor allem der Abfall von Speiseresten nicht immer so reduziert werden kann, wie es in öffentlichen Küchen der Fall ist.

Der Nachteil der öffentlichen Küche besteht darin, daß diese trotz großer Wirtschaftlichkeit im Einkauf und in der Verhütung von Speiseresten für ihren Gewinn besorgt ist, daß der Konsument für Lokal — Beheizung — Beleuchtung — Bedienung in irgendeiner Form bezahlen muß, daß er zu teuereren Speisen verlockt wird, als er zu Hause ißt, und vor allem zum Trunke gezwungen wird. Nur gemeinnützige Veranstaltungen, wie Volksküchen ohne Trinkzwang, sind wenigstens materiell in der Lage, Preiswertes zu bieten. Die Hauskost, verständig geführt, gibt die größte Sicherheit für gesunde Kost, weil die Frau ihre Waren selbst prüfen kann, während man den fertigen, meist durch Gewürze und allerlei Zutaten veränderten Speisen nicht anmerken kann, wessen Ursprungs sie sind.

In der Hauskost wird auch nicht der Versuch gemacht, unappetitliche Speisereste wieder mundgerecht zu machen, wie dies nicht selten auch in großen, selbst renommierten Gasthäusern geschieht. Im Gasthause muß man die Durchschnittskost genießen, wie sie ist; die Hauskost kann sich dem individuellen Bedürfnis und der Eigenheit des Magens akkommodieren, und letzteres ist häufig recht notwendig. Die Gasthausmenus sind, wenn man sie genauer betrachtet, von trostloser Dürftigkeit der Abwechslung und noch schlechter, wenn man in Betracht zieht, daß ungefähr dieselbe Sauce bei allen Speisen wiederkehrt.

Die Zahl der in Familien mit Hauskost Versorgten ist wahrscheinlich sehr groß, wenn vielleicht auch nicht gleich der Zahl der durch die Statistik als Familienmitglieder gezählten Personen.

Nicht überall, wo Mängel der Ernährung sich bei der Bevölkerung äußern,

sind sie im Mangel des Einkommens begründet, sondern oft in der Verwendung unrationeller Nahrungsmittel. Die Vorstellungen über den Nährwert der Speisen sind in den weitesten Kreisen ganz verkehrte; es ist schwer zu sagen, worauf sich die schiefen Anschauungen oft gründen. Solche Vorurteile sind schwer zu bekämpfen. Was umfassen die Menschen nicht alles mit dem Ausdruck einer „kräftigen Kost“ oder dem Begriffe „nährend“ und „nahrhaft“.

Die Hausfrau muß aber wissen, welche Nahrungsmittel rationellerweise eingekauft werden sollen, sie muß wissen, wie sie sich vor Verschwendung der Mittel für unnötige Speisen hüten soll, muß wissen, wie sie sich vor Verfälschungen beim Einkaufe schützt und wie und wo sie frische unverdorbene Waren erhält. Hat die Frau rationell das Kochen erlernt, so läßt sich die Ernährung viel mannigfaltiger gestalten, als die Kost der Speisehäuser es ist, die im wesentlichen immer wieder auf der vordringlichen Verwendung der teueren Fleischspeisen basiert.

Es wird sich in der Kochausbildung gerade darum handeln, daß nicht die Fleischgerichte immer wieder als alleinige Unterlage des täglichen Menus betrachtet werden, an die man gelegentlich einige andere Gerichte als Zutaten anfügt. Das Fleisch nimmt vielfach eine allzu einseitige, vordringliche Stellung in der Küche ein. 20—30 Proz. des Nahrungsbudgets regelmäßig für Fleisch auszugeben, ist nicht nötig.

Die Haushaltungsschulen eignen sich auch dazu, landsmannschaftliche Fehler der Volksernährung, deren es viele gibt, abzustellen; sie sollen sich aber überall soweit wie möglich den lokalen Eigentümlichkeiten anpassen und es nicht als ihre Aufgabe betrachten, ein Universalreichsmenu herzustellen.

Da viele Fehler der Volksernährung auf falscher Voreingenommenheit bestehen, so ist zu hoffen, daß besonders durch die Aufklärung in der Schule die allgemeinen Kenntnisse besser werden, wenn man sich entschließt, die Grundsätze der Hygiene in den Lehrstoff der Volksschule einzuführen, wie dies bereits in manchen Staaten geschieht.

Auch in bautechnischer Hinsicht kann manches zur Hebung auf dem Gebiete der Ernährung geschehen. Eine gewisse Aufmerksamkeit vom Standpunkt der öffentlichen Gesundheitspflege verdienen die Küchenanlagen.

Es ist unsere Pflicht, dafür zu wirken, daß die Wohnungen ohne Küche verschwinden, wie die Kellerwohnungen verschwunden sind. Die Haushaltungslehre kann der Frau durch Belehrung vielfach zur Hilfe kommen, man kann auf Petroleum, auf Gas kochen, mit Kochkiste und Thermophor Wärme sparen, die für die Herstellung der warmen Mahlzeit notwendige Zeit auf ein Minimum einschränken und dadurch Kreisen, die bisher nicht daran denken konnten, zu Hause zu kochen, diese Wohltat verschaffen.

In der Küche sollen auch nur die Speisen hergestellt, nicht aber auch die Wäschereinigung vorgenommen werden. Eine die Gesundheit gefährdende schlechte Gewohnheit besteht darin, daß in der Küche auch häufig stäubende Arbeiten, wie Kleiderreinigen, Schuhputzen u. dgl. vorgenommen werden. Speziell in Gasthöfen und öffentlichen Speisehäusern wäre eine solche Überwachung geboten; hier wäre noch auf eine geeignete Ventilation der Speisekammern Wert zu legen.

Von einer Küche in öffentlichen Anstalten (Küchen in Kasernen, Gefangenenhäusern, Irrenanstalten, Siechenhäusern usw.) muß verlangt werden,

daß sie geräumig, gut ventilierbar und hell ist, daß die größte Ordnung und Sauberkeit in allen Teilen herrscht, daß die Kochgeräte ausschließlich nur diesen Zwecken dienen. Eine solche Küche darf nicht zugleich als Schlafraum dienen. Bei allen größeren Anlagen müssen die Spül- und Putzräume für Gemüse usw. vom Hauptraum getrennt sein.

Die Kücheneinrichtung soll erlauben, Gemüse und Fleisch getrennt zu kochen; die besonderen technischen Einrichtungen werden später abgehandelt werden.

Bei großen Küchenanlagen kommen besonders gekühlte Räume und Eisschränke statt der einfachen Speisekammern in Betracht; für die Familienküche hat der Eisschrank auch bereits sich weithin eingebürgert.

Baupolizeilich müßte auch die Anlage von Kellern, soweit diese für die Lagerung von Nahrungsmitteln dienen, erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet werden. Sie müssen hell sein und so ausgestattet werden, daß sie leicht rein zu halten sind. Am übelsten steht es mit den Speisekammern. Häufig findet sich die Speisekammer unmittelbar neben dem Abort, und wird so hergestellt, daß irgendein Raum von der Größe eines Zimmers durch eine Scheidewand, die zugleich das Fenster vertikal teilt, als Klosett und Speisekammer zugerichtet wird. Bei dieser Konstruktion kommt die Infektion der Nahrungsmittel durch Fliegen besonders häufig in Betracht. Speisekammern sollen tunlichst kühl gelegen und mit Fliegengittern an den Fenstern versehen sein.

Am ungenügendsten ist die einfache Speisekammer, weil sie in den Sommermonaten, auch wenn sie gegen Norden gelegen ist, viel zu hohe Temperaturen aufweist, um die Speisen frisch zu halten. Besser ist der Keller, weil hier wenigstens Temperaturen von 7—10^0 zu erhalten sind. Eisschränke gehen höchst selten unter 4^0 herab, meist ist die Temperatur wegen der üblichen schlechten Bedienung mit Eis oder Konstruktionsfehlern noch höher. Eine längere Konservierung ist auch im Eisschrank nicht möglich, weil es Bakterien gibt, die sich schon bei wenig über 6^0 allmählich entwickeln (Forster).

Besonders leicht zersetzen sich von den Fleischspeisen die Fische, sowohl im rohen Zustande als auch nach der Zubereitung (Bruns, Arch. f. Hyg. LXVII, 1908, S. 209). Gesundheitsschädigung durch zu lange aufbewahrte Speisen sind durchaus nicht selten.

Analog den Thermophoren hat man in neuester Zeit auch Kühlkisten für Milch hergestellt, welche in billiger Weise eine längere Frischerhaltung der Milch erzielen sollen (Kaiser, Arch. f. Hyg. 1906, LVI, S. 48; vgl. auch Speck, D. med. Wchschr. 1905).

Das Küchen- und Eßgeschirr soll möglichst wenig Rippen, Verzierungen und Vertiefungen usw. haben, in- und auswendig möglichst glatt sein, um die Reinigung zu erleichtern. In gesundheitlicher Hinsicht tadelloses Material ist Glas, Porzellan mit Glasur aus Feldspat und Quarz und Steingut, wenn die Glasur desselben durch starkes Erhitzen bis zum Glasigwerden des Tones oder durch Verflüssigung unter Zusatz von Kochsalz bewerkstelligt wurde.

Diese Materialien geben nicht das geringste an die Speisen ab, lassen sich leicht reinigen und jede Beschmutzung leicht erkennen. Holzgeschirre und Holzgerätschaften eignen sich nicht zu Küchengerätschaften, weil die Poren des Holzes leicht Speiseteile aufnehmen und dann die Reinigung außerordentlich erschwert wird.

Von metallenen Geschirren sind die aus Silber, aus reinem Nickel oder Zinn bestehenden und tadellos verzinnten an sich unbedenklich. Nur dann, wenn das Zinn bleihaltig ist, können Vergiftungen entstehen. Im allgemeinen wird angenommen, daß erst ein 10 Prozent übersteigender Bleigehalt des Zinns gefährlich werden kann, weil dann die Legierung weniger fest ist und an salzsäure- und zuckerhaltige Speisen Blei abgibt.

Unverzinnte kupferne Geschirre sind bedenklich, saure Speisen lösen leicht Kupfer, namentlich, wenn sie beim Aufbewahren von Speiseresten lange in Gefäßen bleiben. Gutverzinnte Geschirre sind unbedenklich, da aber die Verzinnung allmählich beim Putzen sich abscheuert, muß auf eine rechtzeitige Neuverzinnung Bedacht genommen werden.

Eisernes Geschirr rostet schnell und verleiht den Speisen leicht Tintengeschmack. Verzinntes Eisengeschirr ist dagegen sehr tauglich. Aluminiumgeschirre sind unbedenklich, werden aber durch Alkalien aufgelöst, sie dürfen daher nicht mit Holzasche und dergl. geputzt werden.

Geschirr aus Zink oder aus Legierungen, die Zink oder Kupfer enthalten, wie Neusilber, Alpaka etc., sollte stets versilbert sein, da sonst Kupfer und Zink gelöst werden können.

Die eisernen, mit Glasuren und Emaille überzogenen Geschirre sind sehr häufig. Nach dem deutschen Gesetze vom 25. Juni 1887 sind Legierungen mit mehr als 10 Proz. Blei für Kochgeschirre verboten. Die Verzinnung an der inneren Seite darf nicht mehr als 1 Proz. Blei enthalten. Glasuren und Emaille, welche nach halbstündigem Kochen mit 4proz. Essigsäure Blei abgeben, sind verboten.

Großstädter beziehen ihre Nahrungsmittel, und zwar solche, die leicht verderben, wie Milch, oft aus weitem Umkreis. Der Transport leicht verderblicher Waren erfolgt in Eisenbahnwagen mit Kühleinrichtungen (Milch. Fisch, Gemüse, Butter, auch Bier usw.).

Der Vertrieb der Nahrungsmittel und Genußmittel durch den Zwischenhandel verteuert durch oft ausgedehnte Trustbildung dieselben außerordentlich, der Preis ist vielfach ganz der Willkür unterworfen.

Die Nahrungsmittelproduktion ist vielfach schon von seiten der Landwirtschaft nicht auf die Herstellung besonders guter, sondern auf die Massenproduktion gerichtet. Bei der Milchproduktion werden zumeist Kuhrassen eingestellt, die möglichst viel Milch geben, ohne Rücksicht auf die Minderung der Qualität, in der Aufzucht der Tiere wird ähnlich verfahren; auch beim Bäckereigewerbe versucht man neuerdings die Brotausbeute auf Kosten der Qualität zu erhöhen; die Stallwirtschaft läßt es bei der Milchgewinnung vielfach an der nötigen Sauberkeit fehlen.

Die Verzögerung des Verkaufs durch den Zwischenhandel bedingt die Einführung von Kühleinrichtungen, welche nicht immer genügend funktionieren. Die Überwachung der Nahrungsmittel in den Zentralmarkthallen und auf öffentlichen Märkten schützt die Konsumenten nur unvollkommen, da der Handel in den Läden sich der Kontrolle entzieht.

Das Lagern der Nahrungs- und Genußmittel in den Verkaufsräumen muß besonders insofern überwacht werden, als in solchen Räumen Personen zu Wohn- und Schlafzwecken sich nicht aufhalten dürfen.

Das Betasten der Waren sollte strenge verboten sein.

Die Herstellung von Fleischdauerwaren, von Brot, von Getränken (Mineralwasser, Bier) entspricht nicht überall den Anforderungen an Rein-

lichkeit und Gesundheitstauglichkeit. In letzten Jahren hat besonders in den Speisehäusern der Großstädte der Unfug sich mehr und mehr breitgemacht, daß die von Gästen zurückgelassenen Speisereste gesammelt und anderen Besuchern solcher Speisehäuser aufs neue vorgesezt werden. Der Konsument kann sich nun schwer gegen derartige zum Teil unerhörte Schmutzereien schützen.

Einer strengeren Beaufsichtigung bedürfte auch die Verköstigung der Reisenden an den Büfetts der Bahnen, zumal die Passanten geradezu genötigt sind, selbst die als minderwertig erkannte Ware zu kaufen.

Da die großen Etablissements des Nahrungs- und Genußmittelgewerbes (Fleischereien, Zentralmolkereien usw.) eventuell krankmachende Waren an eine große Anzahl von Konsumenten absetzen, so liegt ein öffentliches Interesse zur schärferen Überwachung vor.

Ein Teil der Übelstände im Nahrungsmittelwesen lassen sich von dem Konsumenten durch Bildung von Konsumvereinen abwälzen.

Unter den öffentlichen Speiseanstalten nehmen die Volksküchen eine wichtige Stellung ein, weil hier gegen billiges Geld das bestmögliche geleistet wird. Allerdings kann im Hause die Kost durchschnittlich billiger hergestellt werden als in öffentlichen Speiseanstalten.

Für eine Mark erhält man nach Kißkalt (Arch. f. Hyg. Bd. 66, S. 245, 1908) in Berlin:

	kg/kal	Eiweiß
in einem Restaurant (Mittagstisch für 1,25 Mark)	775	84,3
„ einer Kutscherkneipe	1862	72,8
„ „ Arbeiterwirtschaft	1919	78,7
„ „ Volksküche	3991	108,3

Letztere bietet ganz überwiegend Vegetabilien, daher die erhebliche Menge von Nahrungsstoffen.

Die Menge, die ein Besucher solcher Volksküchen verzehrt, hängt natürlich von der Geldmenge ab, die er aufwenden kann, und es ist durchaus zweckmäßig, den Besuchern die freie Wahl zu lassen, nicht aber, wie man früher beansprucht hat, stets ein volles Mittagessen zu verabreichen. Je billiger die Preise sein sollen, desto weniger kann an Animalien geboten werden; wir können von den Volksküchen nur verlangen, daß sie wohlkombinierte, gutschmeckende Gerichte zu einem Preise abgeben, in dem die Gestehungskosten möglichst gering sind. Was die Volksküche bieten kann, schwankt natürlich mit den Nahrungsmittelpreisen hin und her.

Die Volksküchen sind nicht immer mit einem bestimmten Speisezettel versehen, aus dem der Besucher irgendeine beliebige Speise wählen kann, sondern sie geben, wie erwähnt, ein bestimmtes Mittagessen ohne jede Wahl, aber variierend mit den Wochentagen. Dieser Betrieb soll sich etwas billiger gestalten, als der erstere, doch kommt es natürlich sehr auf die Größe der Anstalt überhaupt an. Wird nun eine feste Speisekombination gegeben, so muß man zum mindesten durch die Einrichtung von halben Portionen es ermöglichen, daß neben den Arbeitern auch Frauen und Halberwachsene, die ein geringeres Nahrungsbedürfnis haben, sich ernähren können.

Vorschriften für bestimmte Menus lassen sich nicht geben, da die lokalen Eigentümlichkeiten Berücksichtigung verdienen.

Die Säuglingsernährung ist schon lange besonders aufmerksam verfolgt worden, weil sie bekanntlich in engster Beziehung zur Kindermortalität

steht. Eine mächtige Bewegung zur Hebung der Kinderernährung bei arm und reich ist heute im Gange. Die Hebung der Brusternährung, Verbesserung der Kenntnisse der Kinderpflege, Fürsorge für Kuhmilch als Ersatzmilch der Brusternährung, Besserung der Milch für die Kinder überhaupt, Verbilligung und selbst Gratisgabe der Milch an Kinder usw. wird vielfach angestrebt.

Ein neues großes Feld der Volksernährung liegt in der Frage der Schulspeisung vor. Die Unterernährung vieler Schulkinder ist ganz offenkundig. Viele Kinder kommen ohne jegliches Frühstück in die Schule, andere erhalten zu Mittag oft nur einen kärglichen kalten Imbiß (Rubner, Schriften der Zentralstelle für Volkswohlfahrt, Heft 4, 1909, S. 1 ff.). Tausende gehen abends ohne jegliche Nahrung zu Bett.

Ungenügende Nahrung bringt das Kind schnell herunter, die Arbeitsfähigkeit sinkt. Wir sehen an den blassen Gesichtern, der anämischen Haut, an dem Zurückbleiben der Körpergröße, dem abgemagerten Körper, wie verderblich der Nahrungsmangel ist. Die Kinder können beim besten Willen oft dem Unterricht nicht folgen. Jede Unbill der Witterung wird von dem heruntergekommenen Kinde härter empfunden als vom wohlgenährten. Die Freude an Spiel und Turnen ist ihm versagt, die schwachen Muskeln leisten nichts und die körperlichen Übungen konsumieren nur noch mehr von der kärglichen Kost.

In manchen Fällen ist unverständige Nahrungsweise die Ursache der schlechten Gesundheit der Schulkinder, manchmal Verwahrlosung seitens der Eltern, aber in vielen Fällen wirklich auch die Not. Unterernährung findet sich besonders häufig bei kinderreichen Familien.

Die Übelstände werden vielfach durch die auf charitativer Basis aufgebaute Schulspeisung bekämpft. Teils wird ein Frühstück gereicht, an anderen Orten ein zweites Frühstück, vielfach eine warme Mittagsmahlzeit, bisweilen auch eine Zwischenmahlzeit des Nachmittags.

Die Schulspeisung sollte, wo sie sich auf die Mittagsmahlzeit bezieht, am besten in Kinderhorten ausgeführt werden, in denen die Kinder während der ganzen Mittagspause unter verständiger Aufsicht bleiben, und also nicht in die Lage kommen, sich stundenlang auf den Straßen herumzutreiben.

Auf die Einzelheiten dieser Organisationen kann hier nicht weiter eingegangen werden.

Ein Kind im volksschulpflichtigen Alter braucht etwa pro Tag 64 g Eiweiß, 50 g Fett, 187 g Kohlehydrate (s. Rubner, l. c.).

Für die Schulspeisung kann man rechnen als 1. und 2. Frühstück rund: 13 g Eiweiß, 12 g Fett, 37 g Kohlehydrate = 317 kg/kal, für ein Mittagsbrot, und das Vesperbrot 36 g Eiweiß, 28 g Fett, 104 g Kohlehydrate = 816 kg/kal.

Die starke Prononcierung des Mittagessens ist ein Sicherheitsfaktor für das wahrscheinlich dürftige Abendessen in der Familie. Auch in den Ferienmonaten ist es erwünscht, die Schulkinderspeisung durchzuführen.

Die Hebung der Ernährung ist besonders in kinderreichen Familien dringendes Bedürfnis. Hierzu sind eine Reihe sozialer Maßnahmen von Bedeutung, z. B. Erziehungsbeiträge seitens der Kommunen, Erhöhung der Krankengelder für die Familienväter, Ausgestaltung der Haus- und Wochenpflege, Verbesserung des Volksküchenwesens usw.

Für die schulentlassene Jugend besitzen wir leider gar keine Einrichtungen, um ihre gute, zweckentsprechende Ernährung sicherzustellen.

Nahrungs- und Genussmittel.

Von

Josef Mayrhofer in Mainz.

Einleitung.

Hygienische und wirtschaftliche Gründe veranlaßten schon in früher Zeit die Überwachung des Nahrungsmittelmarktes, trotzdem ist aber die Nahrungsmittelchemie erst in unseren Tagen zu einem selbständigen Zweig der angewandten Chemie und Botanik geworden. Einem dringenden Bedürfnis entsprechend wurde im Jahre 1877 das Deutsche Nahrungsmittelgesetz geschaffen, allein es fehlten damals noch allerorten nicht nur die sachkundigen Organe zur Ausführung des Gesetzes, sondern auch die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen für die Beurteilung der Nahrungsmittel selbst. Viele, auf unzureichender Beobachtung und Erfahrung beruhende Anschauungen mußten ergänzt, mehr noch neugeschaffen werden, neue Methoden erdacht und erprobt, und die Art der Herstellung und Gewinnung einer großen Anzahl lange her bekannter Stoffe einwandfrei festgestellt werden. Wichtig vor allem für die Beurteilung ist die zunehmende Kenntnis der normalen Beschaffenheit und der durch mancherlei Umstände bedingten wechselnden Zusammensetzung der Naturprodukte geworden, ein Erfolg, der nur durch zahlreiche, planmäßig angelegte Untersuchungen gewonnen werden konnte.

In den folgenden Abschnitten ist das Wichtigste aus diesem Wissensgebiete mitgeteilt, die Untersuchungsmethoden werden kurz erwähnt, oder, wenn es nötig erschien, auch ausführlicher behandelt, um dem Leser die Hilfsmittel vorzuführen, deren sich die Nahrungsmittelchemie zum Nachweis der Verfälschungen oder sonstiger anormaler Veränderungen bedient, um die Kontrolle des Nahrungsmittelmarktes möglichst wirksam und einwandfrei zu gestalten.

Dieses Ziel wird jedoch durch die Laboratoriumsarbeit allein nur unvollkommen erreicht. Eine ganz wesentliche Ergänzung bildet die sachkundige Kontrolle der Nahrungsmittel am Orte ihrer Herstellung und des Feilhaltens durch erfahrene wissenschaftlich gebildete Sachverständige, da nur dadurch die Kontrolle ihrer hygienischen Aufgabe gerecht werden kann und außerdem vielfach in der Lage ist, durch zweckmäßiges Einschreiten und durch Belehrung vorbeugend und aufklärend zu wirken. Die kleine Probe, die durch Polizeiorgane erhoben dem Untersuchungsamte zur Prüfung vorgelegt wird, wird wohl nur in Ausnahmefällen dem Begutachter ein zutreffendes Bild des Zustandes geben, unter welchem der gesamte Vorrat dem Käufer dargeboten wird. Schmutzige Aufbewahrung, stinkende, feuchte Räume, unreinliche Herstellung, kurzum, eine große Anzahl bedenklicher Mängel werden an der kleinen Probe nicht zu ersehen sein, trotzdem diese

für gesundheitliche Beurteilung der Ware von größter Bedeutung sind oder sein können.

Darum ist die sogenannte ambulatorische Tätigkeit, die zuerst von den bayerischen Untersuchungsanstalten auf Anregung Hilgers ausgeübt wurde, von hervorragendem Wert für die Kontrolle der Nahrungsmittel geworden.

Das Nahrungsmittelgesetz von 1877 gestattet allerdings den kontrollierenden Beamten, von einzelnen Ausnahmen abgesehen, nur den Zutritt zu den Verkaufsstellen, nicht aber zu den Aufbewahrungs- und Herstellungsräumen, dadurch erfährt diese Art der Kontrolle eine wesentliche Beschränkung. Eine Änderung ist daher anzustreben, Wein- und Margarinegesetz sind in dieser Beziehung bereits vorbildlich geworden.

Das Nahrungsmittelgesetz hat sich auch nach anderer Richtung erweiterungsbedürftig erwiesen. Es entstanden in der Folge eine Reihe von Spezialgesetzen, von welchen hier das Gesetz über den Verkehr mit Butter, Schmalz und Margarine (15. VI. 1877), das Schlachtvieh- und Fleischbeschaugesetz (3. VII. 1900), das Süßstoffgesetz (6. VII. 1893), das Branntweingesetz (1. X. 1900) und das Weingesetz (7. IV. 1909) auch darum zu erwähnen sind, weil die hierzu erlassenen Ausführungsbestimmungen amtliche Anleitungen zur Untersuchung der betreffenden Nahrungs- und Genußmitttel enthalten

---

I. Tierische Nahrungsmittel.

Fleisch.

Das deutsche Reichsgesetz, betreff. Schlachtvieh- und Fleischbeschau vom 3. VI. 1900, bezeichnet als Fleisch alle Teile der warmblütigen Tiere, frisch oder zubereitet, sofern sie sich zum Genusse für den Menschen eignen. Als Teile gelten auch die aus solchen hergestellten Fette und Würste. Im Sprachgebrauch wird dagegen unter Fleisch nicht nur das der warmblütigen Tiere verstanden, sondern auch das Fleisch von Fischen, Amphibien und Weichtieren, der gewöhnliche Handelsverkehr aber betrachtet als Fleisch in erster Linie das Muskelfleisch der landwirtschaftlichen Nutztiere, auch Wild, Fische, Geflügel in Verbindung mit Knochen, mit dem Binde- und Fettgewebe. Leber, Lunge, Herz, Milz, Nieren, Gehirn, Zunge, die Brustdrüse (Thymusdrüse, Kalbsmilch, Bröschen), der Magen (Kuttel, Kaldaunen), das Gekröse (Därme), die Milchdrüse (Euter) sowie Hautteile vom Kopf und den Füßen, das Fett (Unschlitt, Talg) und das Blut dagegen sind im engeren Sinne Schlachtabfälle, werden aber gleichfalls zum Fleische gerechnet.

Über die Mengenverhältnisse, in welchen Fleisch und Fett und die einzelnen oben aufgezählten Organe den Körper des Schlachttieres zusammensetzen, macht E. Wolff [1] folgende, sich auf Ochsen (Lebendgewicht) und Lawes und Gilbert auf andere Schlachttiere [1] beziehende Angaben:

	mittelgenährt	halbfett	fett
Fleisch	36,0	38,0	35,0
Knochen	7,4	7,3	7,1
Fett im Fleisch	2,0	7,9	14,7
Sonstiges Fett	4,3	5,4	8,0
Schlachtgewicht	49,7	58,6	64,8
Abfälle:	50,3	41,4	35,2
Blut	4,9	4,2	3,9
Kopf	2,8	2,7	2,6
Zunge, Schlund	0,6	0,6	0,5
Herz	0,4	0,5	0,5
Lunge, Luftröhre	0,7	0,7	0,8
Leber	0,9	0,8	0,8
Milz	0,2	0,2	0,2
Därme	2,0	1,5	1,4

	Fettes Lamm	Mageres Schaf	Halbfett. Schaf	Fettes Schaf
Schlachtergebnis:				
Lebendgewicht kg	38,0	42,2	66,0	57,6
Reines Schlachtgewicht Proz.	59,8	53,4	58,9	57,3
Gesamt-Schlachtabfälle „	40,2	46,6	41,1	42,5
Knochen „	8,1	9,5	7,7	7,0
Prozentgehalt an Muskelfleisch	36,9	37,7	38,4	29,8
„ „ Fett	23,7	14,8	18,1	32,4
„ „ Fell und Eingeweide	31,3	38,2	35,8	30,8
Prozentische Zusammensetzung des ganzen Tieres:				
Wasser	47,8	57,3	50,2	43,4
Eiweißstoffe	12,3	18,4	14,0	12,2
Fett	25,5	18,7	23,5	35,6
Salze	2,94	3,16	3,17	2,81
Magen und Darminhalt ohne Dünndarm	8,5	6,0	9,1	6,0
Prozentische Zusammensetzung des Rumpfes ohne Knochen:				
Wasser	53,9	62,0	57,2	45,1
Eiweißstoffe	9,7	11,1	12,3	9,9
Fett	35,8	25,4	29,8	44,5
Salze	0,57	1,49	0,7	0,54

Im käuflichen Fleisch ist das Verhältnis von Muskelgewebe, Knochen und Fett annähernd wie 83:8,4:8,6 (Friedel), die Zusammensetzung des fett- und knochenfreien Fleisches dagegen ist eine ziemlich gleichbleibende. Voit [2] gibt für Ochsenfleisch folgende Zahlen:

Wasser	75,8	Proz.
Trockensubstanz	24,2	„
darin:		
Eiweiß und leimgebende Stoffe	20,1	„
Fett	1,0	„
Asche und Extraktivstoffe	3,2	„

Diese Mittelwerte erfahren natürlich durch den Fettgehalt des in den Verkehr gelangenden Fleisches erhebliche Verschiebungen, da z. B. fettes, durchwachsenes Fleisch nicht selten 25 Proz. Fett enthält, sie sind auch verschieden je nach den verschiedenen Schlachttieren. Kuhfleisch ist in der Regel fettärmer als Ochsenfleisch, das Kalbfleisch enthält weniger Muskelsubstanz als das Rindfleisch, ist dagegen reicher an Wasser und Binde-

gewebe. Schweinefleisch (knochenfrei) enthält nach Wolff bei mittelfetter und sehr fetter Körperbeschaffenheit etwa:

Muskelsubstanz	12,3—9,7	Proz.
Fett	26,2—45,5	„
Fleischsalze	0,6—0,4	„
Wasser	60,9—44,4	„

Das Lebendgewicht mittelfetter und sehr fetter Tiere ist zusammengesetzt aus:

Fett	46,4—40,0	Proz.
Knochen	8,0—5,8	„
Fett	20,1—18,8	„
Schlachtabfälle	25,5—15,4	„

Das Schlachtgewicht schwankt daher zwischen 74 und 84 Proz.

Über die chemische Zusammensetzung der verschiedenen in Betracht kommenden Fleischarten geben nachstehende tabellarische Zusammenstellungen Aufschluß, vorher aber mögen noch einige allgemeine Bemerkungen über die verschiedenen Fleischsorten selbst vorausgeschickt werden.

Das Fleisch gesunder fetter Ochsen, meist mit Fett durchwachsen, besitzt normalen Fleischgeruch, braunrote Farbe (bei jüngeren Tieren hellfarbiger) und ist ziemlich grobfaserig, derb, glänzend. Es fühlt sich kühl und fest an und ist im frischen Zustande elastisch, so daß sich die mit einem harten Gegenstand gemachten Eindrücke nach dem Aufhören des Druckes rasch wieder ausgleichen. Das Fleisch junger gemästeter Kühe und Stiere ist dem Ochsenfleisch ganz ähnlich, das älterer, besonders zur Zucht verwendeter Bullen ist dagegen dunkelkupferrot, grobfaserig, reich an Bindegewebe und vielfach mit einem eigentümlichen Geruch belastet, dabei fettarm. Rinder im Alter bis zu 3 Jahren haben ein hellziegelrotes, feinfaseriges, wenig saftiges Fleisch von breiten Bindegewebszügen durchwachsen, alte Kühe ein hellrotes, sehr stark mit Bindegewebe durchsetztes Fleisch, während alte Kühe, die vor dem Schlachten einige Zeit gemästet wurden, ein braunrotes Fleisch besitzen, das aber wie bei alten, vor dem Schlachten gemästeter Zugochsen nur mit wenig Fett durchwachsen ist. Das Fett des guten Ochsenfleisches ist weiß bis weißgelb, fest, bei Weideochsen häufig gelb, auch bei schlecht genährten Ochsen wird vielfach gelblich gefärbtes Fett angetroffen, das Fett der Stiere und alter Kühe, welches weniger die Muskelfaser durchwächst als umwächst, ist gleichfalls weiß. Das Fleisch der Kälber ist im ersten Jugendzustand blaßrot bis graurot, stark durchfeuchtet, das vorhandene Bindegewebe ist locker, das wenige Fett nicht zwischen den Muskeln eingelagert, bei ganz jungen unreifen Tieren meist von sulziger Beschaffenheit. Mit zunehmendem Alter verfärbt sich das Fleisch, diese Verfärbung ist bereits nach 4 Wochen wahrzunehmen, 6 Monate alte Kälber besitzen bereits hellrotes Fleisch. Die Fleischfasern sind zart, nicht mit Fett durchwachsen, doch finden sich schon reichliche Fettablagerungen in der Nähe der Nieren, im Gekröse und unter der Haut. Kälber, die längere Zeit mit Milch ernährt wurden, haben ein weißes, dem Hühnerfleisch ähnliches Fleisch. Schlachtreife Kälber sollen mindestens 1 Monat alt sein. Tiere unter 10—14 Tage sind nicht als schlachtfähig anzusehen. Bezüglich der Zusammensetzung des Kalbfleisches sei auf die nachstehende

Tabelle verwiesen. Im allgemeinen ist die Zusammensetzung des Kalbfleisches zufolge der Fettarmut eine gleichmäßigere als die des Rindfleisches.

Schaffleisch. Gutgenährte Hammel besitzen ein festes feinfaseriges, rotbraun gefärbtes Fleisch, das vom Fett nicht durchwachsen, sondern umwachsen ist. Das Schaffleisch hat bekanntlich einen eigentümlichen, nicht jedermann zusagenden Geruch, das Fett ist ziemlich spröde, weiß, fettreiches Hammelfleisch besitzt einen talgigen Geschmack.

Ziegenfleisch. Hellfarbiger als Schaffleisch, das Fett ist mehr in der Bauchhöhle und unter der Haut als zwischen den Muskeln entwickelt, es besitzt den charakteristischen unangenehmen Bocksgeruch.

Schweinefleisch. Das Fleisch gutgenährter junger Tiere ist rosenrot, fettdurchwachsen; der Speck ist feinkörnig und fest, von weißer Farbe. Ältere zur Zucht verwendete weibliche oder kastrierte männliche Tiere besitzen ein dunkelfarbiges, zähes, grobfaseriges, wenig durchwachsenes Fleisch; sehr dunkelfarbig ist das Fleisch alter Zuchteber, deren Fett außerdem häufig gelb gefärbt erscheint. Die Färbung des Fleisches ist nach den Körperteilen verschieden; Ernährung und Alter beeinflussen diese Unterschiede.

Pferdefleisch. Kennzeichnend für Pferdefleisch ist die rotbraune bis braune Farbe. Die Muskelfasern sind ziemlich fein, eng miteinander verbunden, der Muskel selbst ist nicht mit Fett durchwachsen, sondern nur von dem gelben Fett umgeben, die einzelnen Muskeln werden von sehnigen gelb gefärbten Häuten abgegrenzt. Das Fleisch dunkelt an der Luft nach und nimmt hierbei eine fast schwarzrote Färbung an. Das Fleisch junger, gutgenährter Tiere ist dem des Rindes ähnlich und besitzt auch denselben Nährwert.

Hundefleisch. Wenngleich in Deutschland nur vereinzelt genossen, ist das Hundefleisch doch an dieser Stelle anzuführen. Nach Schneidemühl sollen in Sachsen im Jahre 1898, besonders Chemnitz, 479 Hunde geschlachtet worden sein. In China und auf den Gesellschaftsinseln wird Hundefleisch viel verzehrt und sogar dem Schweinefleisch vorgezogen. Das Fleisch ist je nach der Ernährung der Tiere verschieden, meist von dunkelbrauner Farbe, feinfaserig, wenig durchwachsen und besitzt roh einen an das Fleisch der Fleischfresser erinnernden unangenehmen Geruch. Gekochtes Hundefleisch soll nach Villain dagegen einen angenehmen geflügelartigen Geschmack besitzen, während es im gebratenen Zustande zähem Hammelbraten ähnlich ist.

Wild und Geflügel. Das Fleisch von Wild und Geflügel ist fettarm und dichter, feinfaseriger als das Fleisch der landwirtschaftlichen Haustiere, es wird daher vielfach vor der Zubereitung zum Genusse erst durch längeres Aufbewahren in kühlen Räumen gewissermaßen aufgeschlossen, wobei aber ein Anfaulen durchaus nicht notwendig ist. Das Fleisch wild lebender Tiere ist fettärmer als das der am Hofe ernährten, aber auch bei diesen ist das Fett nur an den inneren Körperteilen oder unter der Haut abgelagert. Nach Bibra und Schloßberger ist das Fleisch des Wildes und Geflügels reich an Albumin, dagegen arm an leimgebenden Substanzen, dadurch leicht verdaulich. Das Fleisch von fleischfressendem Wild und Geflügel dient seines ekelhaften Geschmackes wegen wohl nur in Ausnahmefällen zur Nahrung des Menschen.

Fleisch von Fischen. Das Fleisch der Fische ist meist weiß, ausgenommen das der blutfarbstoffenthaltenden Fische (Lachs usw.). Das Fleisch ist reich an Wasser und Fett, der Wassergehalt steigt und fällt mit dem Fettgehalt, er steigt bei dem fettarmen Fleisch der Schellfische, Flundern, Seezungen usw. bis auf 75—80 Proz., fällt bei dem fetten Fleisch des Lachses, Aales, der Heringe usw. bis auf 55—65 Proz. Die stickstoffhaltigen Substanzen des Fischfleisches werden in ähnlichem Mengenverhältnis wie beim Fleisch unserer Haustiere aus Albumin, leimgebender Substanz und Fleischfaser gebildet, der durchschnittliche Gehalt an Stickstoffsubstanzen beträgt bei fettarmen Fischen etwa 20 Proz., Schwankungen nach oben und unten sind durch den Fettgehalt bedingt. Den Süßwasserfischen kommt unter den heutigen Verhältnissen bei uns als allgemeines Fleischnahrungsmittel für den großen Verbrauch weitaus nicht die Bedeutung zu wie den Seefischen, von welchen Hering, Schellfisch und Kabeljau in erster Linie genannt werden müssen. Bei dem Hering werden verschiedene Abarten unterschieden: der Matjeshering, erst gefangener, leicht gesalzener Hering, der noch nicht gelaicht hat, daher ziemlich fettreiches Fleisch besitzt, Bückling, geräucherter Hering, ferner die aus der Ostsee stammenden als deutsche und russische Sardinen in den Verkehr gebrachten jungen Heringe. Von anderen Heringsarten dagegen stammen die französischen Sardinen (Clupea pilcherdus), die vorzügliche Mittelmeersardine (Clupea sardina) und die Sprotten (Clupea sprottus). Der Kabeljau (Norwegen, Neufundland, Island, holländische und deutsche Nordseeküste) wird entweder frisch als Kabeljau (Dorsch) oder getrocknet (Stockfisch, Klippfisch) in den Handel gebracht. Nach Heincke wird dem geschlachteten Kabeljau der Kopf abgeschnitten, der Körper der Länge nach am Bauche geöffnet und die Rückengräte bis auf das Schwanzende herausgenommen. Der gewaschene Fisch wird sodann in Haufen gebracht, mit 5 Tonnen Salz auf 1000 Stück gesalzen und die sich bildende Lake ablaufen gelassen. Nach 3—4 Tagen werden neue Haufen gemacht, diese dann noch öfters umgepackt und endlich schwach ausgepreßt, worauf die Fische getrocknet werden (Klippfisch). Der Stockfisch ist Kabeljau, der, nachdem Kopf und Eingeweide entfernt wurden, in Streifen geschnitten und auf Steinen oder Balken getrocknet wird, gesalzener Kabeljau (nicht getrocknet) wird Laberdan genannt.

Krustentiere und Muscheln. Unter der großen Zahl der zur menschlichen Nahrung dienenden Kruster sind zu nennen Hummer (Homarus vulgaris), Krabben und Krebse. Der Hummer, besonders in der Ost- und Nordsee vorkommend — Norwegen liefert die besten —, ist sowohl im frischen, als gekochten und marinierten Zustand Handelsware. Er wird 18—30 cm lang und $^1/_4$—1 kg schwer. Unter den Seekrebsen sind die Graneelenkrebse (Crangon vulgaris) und zwar vorwiegend der Graneelkrebs der Nord- und Ostsee, die gemeine Graneele der Meeresküsten von Nordeuropa, die gepanzerte Graneele und die rote italienische Graneele des Mittelländischen Meeres zu erwähnen. Während diese im Meere lebenden Krebse ihres massenhaften Vorkommens wegen tatsächlich ein Nahrungsmittel für breite Bevölkerungsschichten bilden, ist unser einheimischer Flußkrebs (Astacus fluviatilis), der sich außerdem noch durch außerordentlich langsames Wachstum auszeichnet, ein Krebs von 125 g Gewicht kann nach Schneidemühl [3] 30 Jahre alt sein, eigentlich nur Gegenstand feinerer Tafelgenüsse. Bekanntlich wird die meist in verschiedenen Abstufungen braun bis blaubraun ge-

färbte Schale der Hummer und der Flußkrebse beim Kochen rot. Nach König [4] enthält die Schale zwei Pigmente, ein rotes und ein darüber liegendes blaues, welches beim Kochen zerstört wird, so daß der rote, vorher verdeckte Farbstoff zur Geltung kommen kann. Auch die Krabben (Taschenkrebse), besonders die an den Küsten Nordeuropas lebenden Arten sind ihrer Verbreitung und Menge wegen als Nahrungsmittel von allgemeiner Bedeutung. Zu nennen ist der gemeine oder breite Taschenkrebs (Platycarcinus pagurus) und die Strandkrabbe (Carcinus maenas).

Muscheln und Schnecken. Die Auster, Ostrea edulis, der hervorragendste Vertreter der eßbaren Muscheln, bevölkert, die Ostsee ausgenommen, alle Meeresküsten Europas und Nordamerikas. Ihre Güte ist je nach dem Untergrund, auf dem sie lebt, verschieden, am geschätztesten sind die auf felsigem Boden wachsenden, dann folgen erst Sand- und Lehmaustern. England (Austern Parks), Holland und Holstein liefern die besten Austern. Bemerkt sei, daß der Nährwert der Auster früher vielfach überschätzt wurde. Stutzer stellte fest, daß 14 Austern in bezug auf den Gehalt an stickstoffhaltigen Nährstoffen etwa einem Hühnerei gleichkommen und 223 Austern einem Pfund mageren Rindfleisch. Die Miesmuschel (Mytilus edulis), die an den Küsten Europas allgemein angetroffen wird, ist ein beliebtes Nahrungsmittel, sie wird jedoch ihrer leichten Zersetzbarkeit wegen nur in gekochtem Zustand genossen.

Zum Schlusse dieser Aufzählung sind noch die eßbaren Schnecken, Weinbergschnecke, Helix pomatia, in Süddeutschland früher viel gezüchtet, und die gesprenkelte Schnirkelschnecke, Helix adspersa, die in Südeuropa, besonders Italien, ein beliebtes Nahrungsmittel der ärmeren Bevölkerung bildet, der Wasserfrosch (Rana esculenta) und die verschiedenen genießbaren Schildkröten zu erwähnen. Zu den eßbaren Landschildkröten gehören nach Brehm die südamerikanische Waldschildkröte (Testudo tabulata), die schwarze Riesenschildkröte (Testudo elephantina) der Gallopagosinseln, die bis $1^1/_2$ m lang, 1 m hoch wird und bis 200 Pfund Fleisch liefert und die in den Mittelmeerländern heimische kleine griechische Schildkröte (Testudo graeca). Von den Meeresschildkröten ist hauptsächlich die riesenhafte Suppenschildkröte (Chelonia mydas), die bis 450 kg Gewicht erreicht, von den Flußschildkröten die ihrer Eier wegen besonders geschätzten südamerikanischen Terekays- und Arrauschildkröten anzuführen.

Da, wie oben erwähnt, die Zusammensetzung des Fleisches nicht nur durch den Fettgehalt beeinflußt wird, sondern auch je nach den verschiedenen Körperteilen eine wechselnde ist, so sind Mittelzahlen allein, die aus den für die einzelnen Körperteile gefundenen Werten berechnet sind, unter Umständen geeignet, ein nicht ganz zutreffendes Bild der tatsächlichen Zusammensetzung zu geben und sogar irrige Vorstellungen zu erwecken. Wir fügen daher den von König [5] angeführten Werten noch die beobachteten Mehrst- und Mindestwerte hinzu.

Von den Einzelbestandteilen sind zunächst die zu den Proteinen gehörenden Stickstoffverbindungen zu erwähnen. Serumalbumin, bei 67° koagulierend, aus Pferde- und Kaninchenblut von Gürber und Krieger [6] kristallinisch erhalten, Serumglobulin nicht kristallinisch, bei 75° koagulierend und ein Serumalbumin durch Fermente schwer spaltbar. Fibrinogen, im Blutplasma aller Wirbeltiere, durch Fermente leicht gerinnend, wird durch das Fibrinferment in Fibrin verwandelt, wodurch die Gerinnung des Blutes

In der natürlichen Substanz Proz.

		Wasser	Stickstoff-substanz	Fett	Asche
Ochsenfleisch, sehr fettes	Mittel	54,76	18,92	23,65	1,07
	Max.	73,5 Halsstück	20,8 Hinterviertel	55,1 durchwachs. Vorderteil	1,5 durchwachs. Vorderteil
	Min.	32,5 durchwachs. Unterteil	10,9 durchwachs. Vorderteil	5,8 Halsstück	0,7 durchwachs. Hinterviertel
Ochsenfleisch, mageres	Mittel	76,47	20,56	1,74	1,17
	Max.	78,2 Vorderteil	22,17 Muskel	3,45 Lende	1,2
	Min.	74,3 Lende	17,9 von Sehnen u. Fett befreit	0,6 Muskelfleisch	1,1 Muskelfleisch
Kuhfleisch, fett	Mittel	70,96	19,86	7,70	1,07
	Max.	76,2 Halsstück	22,5 Rostbeaf	15,5 Backhast Vorderteil	1,40 Lende
	Min.	65,1 Backhast Vorderteil	17,9 Backhast Vorderteil	2,8 Hals	0,8 Backhast Vorderteil
Kuhfleisch, mager	Mittel	76,35	20,54	1,78	1,32
	Max.	77,5	21,2	4,0	2,9
	Min.	74,5	18,7	0,8	0,9
Ochsenzunge		63,5	17,4	18,0	1,0
Herz	Max.	71,4	28,4	26,2	1,0
	Min.	56,5	14,6	2,3	0,5
Lunge		79,34	16,73	2,7	1,04
Leber	Mittel	71,46	20,11	5,52	1,62
	Max.	72,9	21,6	8,4	2,04
	Min.	69,8	17,9	3,3	1,1
Nieren		78,7	17,6	7,1	1,3
„		75,7	15,2	2,4	1,1
Milz (fetter Ochse)		75,7	19,87	2,55	1,7
Rindsmagen		85,17	10,39	1,08	—
Knochenmark		3,49	1,3	92,5	2,78
„		3,30	2,6	92,8	1,30
Nierenfett (7 Analysen)		21,90	7,20	70,7	0,2
„	Schwankungen	8,20	1,60	88,9	0,4
Kalbfleisch, fett	Mittel	72,31	18,88	7,41	1,33
„ „	Schwank.	76,2	20,6	16,0	1,8
„ „	„	64,7	15,1	3,6	0,9
„ mager	Mittel	78,84	19,86	0,82	—
„ „	Schwank.	79,3	20,6	0,9	—
„ „	„	77,0	19,2	0,8	—
Innere Teile des Kalbes	Herz	72,84	15,18	10,25	1,03
	Lunge	77,57	16,72	3,66	1,21
	Niere	73,78	19,37	5,09	1,28
	Leber	72,93	19,49	4,33	1,39
	Hirn	80,96	9,02	8,64	1,38
Hammelfleisch, sehr fett	Mittel	51,27	17,05	29,47	0,97
„ „ „	Schwank.	60,4	20,2	43,5	1,2
„ „ „	„	41,9	14,4	15,7	0,7
„ halbfett	Mittel	75,99	17,11	5,77	1,3
„ „	Schwank.	76,99	20,1	9,0	1,6
„ „	„	74,5	14,0	2,67	1,2
Innere Teile vom Hammel	Zunge	67,44	14,29	17,18	1,0
	Herz	69,50	17,00	12,60	0,90
	Lunge	75,90	20,1	2,8	1,20
	Niere	78,66	16,68	3,27	1,30
	Leber	66,04	22,22	6,69	1,49
Hammel, Nierenfett		3,40	1,15	95,35	0,1

	In der natürlichen Substanz Proz.			
	Wasser	Stickstoff-substanz	Fett	Asche
Schweinefleisch, fett . . Mittel	47,4	14,54	37,34	0,72
Max. .	54,6	16,6	46,7	1,07
Min. .	40,3	12,5	28,0	0,47
Magen . . . . Mittel	72,57	20,25	6,81	1,10
Innere Teile des Schweines Herz .	75,34	17,38	6,02	0,96
Lunge	82,46	12,88	3,46	0,94
Niere .	76,85	16,67	5,40	1,09
Milz .	75,24	15,67	5,83	1,42
Leber.	72,08	19,53	5,27	1,48
Pferdefleisch . . . . . Mittel	74,27	21,71	2,55	1,01
Max. .	79,3	22,7	15,6	1,0
Min. .	61,39	13,9	0,5	0,9
Hase	74,16	23,34	1,13	1,18
Reh	75,76	19,77	1,92	1,13
Haushuhn	72,22	21,33	4,55	1,15
Gans	40,87	14,21	44,26	0,66
Wildente	70,82	22,65	3,11	1,09
Fettreiche Fische: Salm Mittel	67,01	19,73	10,74	1,39
Max. .	77,06	24,7	14,29	1,56
Min. .	60,8	13,1	4,3	1,3
Flußaal	57,42	12,83	28,37	0,85
Meeraal	71,45	18,46	9,09	1,00
Hering	75,09	16,11	8,47	1,72
Makrele	70,21	19,36	8,08	1,36
Fettarme Fische: Hecht	79,84	18,33	0,47	1,00
Karpfen	76.9	21,86	1,09	1,3
Kabeljau (Dorsch)	81,85	16,72	0,3	1,28
Schellfisch	81,50	16,93	0,26	1,31
Auster, Fleisch	80,52	9,04	2,04	1,96
„ Flüssigkeit	95,76	1,42	0,3	2,09
„ Fleisch und Flüssigkeit .	87,30	5,95	1,18	2,03
Miesmuschel	83,61	9,97	1,17	1,61
Schnirkelschnecke, gekocht, Fleisch	76,17	15,62	0,95	—
Weinbergschnecke	80,5	16,34	1,38	1,33
Hummer, frisch	81,84	14,49	1,84	1,71
Flußkrebs „	81.22	16,0	0,46	1,31
Krabbe „	78,81	15,83	1,32	1,62
Riesenschildkröte in Muscheln . .	79,78	18,49	0,53	1,20
Froschschenkel in Salzwasser eingelegt	63,64	24,17	0,91	8,46

Siehe auch A. Beythien, Nährwert der Fleischsorten Z. U. N. 1901, 6, 1.

veranlaßt wird. Da hierbei, wie auch bei der bei 56⁰ eintretenden Koagulation, ebenso wie bei der Fällung durch Essigsäure immer ein Eiweißkörper, Fibringlobulin genannt, in Lösung bleibt, der erst bei 64⁰ koaguliert, so haben einzelne Forscher [7] den Gerinnungsprozeß als eine hydrolytische Spaltung des Fibrinogens aufgefaßt.

Zu den wichtigsten Eiweißstoffen des Fleisches gehört das in den quergestreiften Muskeln gelöst enthaltene Myosin, dessen spontane Gerinnung die Totenstarre erzeugt. Die geronnene Flüssigkeit enthält immer einen bei 56⁰ koagulierbaren Eiweißkörper, Myogen genannt, der Gerinnungsvorgang des Myosins wird daher von Fürth und Halliburton analog der Fibrinausscheidung durch Einwirkung eines Fermentes veranlaßt angesehen. Das Myosin besitzt von allen Eiweißkörpern die niedrigste Koagulationstemperatur (47⁰), es ist im Wasser unlöslich, leicht löslich in verdünnten Salzlösungen, kann daher aus diesen Lösungen durch Verdünnen mit Wasser oder durch Dialyse

ausgefällt werden, ebenso auch durch konzentrierte Salzlösungen oder verdünnte Säuren. Charakteristisch für das Moysin ist, daß seine Lösungen leicht gerinnen, selbst bei 32⁰—35⁰ findet Gerinnung statt. Das geronnene Myosin wird als Myosinfibrin oder Paramyosin bezeichnet. Etwa 20 Proz. des löslichen Muskeleiweißes bestehen aus Myosin, die fehlenden 80 Proz. ausschließlich aus Myogen, welches seinem chemischen Verhalten nach den Globulinen ähnlich ist, sich aber von diesen dadurch unterscheidet, daß es in reinem Wasser, wenn auch schwierig, mit neutraler Reaktion löslich ist. Weitere Eiweißkörper der Muskelsubstanz, das Myoglobulin und die Myoalbumose von Halliburton sind als Reste von nichtkoaguliertem Myogen erkannt worden, doch ist zu bemerken, daß nach Mays [8] auch nicht koagulierende Eiweißkörper in den Muskeln vorkommen. Ob der von Holmgren [9] nur als Albuminat extrahierbare Eiweißstoff nicht ein geronnener Eiweißkörper ist, oder tatsächlich dem Muskelstroma angehört, ist nicht ganz sichergestellt.

In den glatten Muskeln sind ähnliche Eiweißkörper nachgewiesen worden wie in den quergestreiften, in den Fischmuskeln fand Fürth das Myoproteid, eine im Wasser lösliche, durch Kochen nicht koagulierbare, durch Säuren fällbare, aussalzbare Substanz. In wirbellosen Tieren fanden Fürth und Przibram [10] dem Myogen ähnliche Körper, aber von durchwegs niederem Koagulationspunkt. Myosinähnliche Eiweißstoffe, die spontan gerinnen, sind außerdem in fast allen Geweben und zahlreichen Organen, Milz, Schilddrüse, Leber, Schleimhäuten usw., nicht aber im Gehirn und den roten Blutkörperchen nachgewiesen worden. Das Myosin ist daher als ein zur Zusammensetzung des Protoplasmas gehörender Bestandteil anzusehen.

Der mit Wasser und Salzlösungen behandelte Muskel hinterläßt einen in Alkali löslichen Eiweißkörper, Muskelstroma genannt, der bei 60⁰ koaguliert. Es ist noch nicht festgestellt, ob das Muskelstroma geronnenes Myosin ist, oder ob es als Eiweiß des Sarkolemms (Hülle der Muskelröhre) anzusprechen ist, seinem chemischen Verhalten nach ist es dem leimgebenden Gewebe ähnlich, unterscheidet sich aber von diesem dadurch, daß es kein Glutin liefert.

Das Bindegewebe endlich, welches die einzelnen Fasern zusammenhält, besteht aus dem leimgebenden Gewebe oder Kollagen, welches durch kochendes Wasser in Leim (Glutin) übergeführt wird, dessen heißbereitete wässerige Lösung beim Erkalten je nach der Konzentration gelatiniert. Nur unveränderter Leim gelatiniert, seine Umwandlungsprodukte (Kochen mit Wasser, Säuren und Alkalien, Verdauungsfermente) besitzen diese Eigenschaft nicht mehr.

Über die Mengen, in welchen diese Eiweißstoffe sich im Fleische vorfinden, liegen folgende Angaben vor:

Serumalbumin	0,6—4,5 Proz.
Nach Liebig im Mittel	2,9 „
Edelberg fand im frischen Fleischsaft des Huhns	11,75 „
Im Rindfleisch	6,41 „
Im Schweinefleisch	8,64 „
Myosin	3,0—11 „
Stromasubstanz	5,8—13,4 „
Bindegewebe nach Liebig bis zu	5,6 „
Nach v. Bibra im Mittel	2,0 „

Von den nicht zu den Eiweißkörpern gehörenden Stickstoffsubstanzen sind in erster Linie die Fleischbasen und die Fleischsäure zu nennen.

Dem Kreatin ($C_4H_9N_3O_2$), wenngleich nur in geringer Menge im Fleisch der verschiedenen Tiere enthalten (0,07—0,32 Proz.), kommt vermöge seiner nervenanregenden Wirkung eine besondere Bedeutung für die Ernährung zu. Neben diesen, aber in noch geringerer Menge finden sich im Fleischsafte Kreatinin ($C_4H_7N_3O_3$), Sarkin oder Hypoxanthin ($C_5H_4N_4O$) (0,016—0,02 Proz. im Rindfleisch), Xanthin ($C_5H_4N_4O_2$) und Karnin ($C_7H_8N_4O_3$), ebenso wie Harnsäure ($C_5H_5N_4O_3$) (Alligatoren), Harnstoff (CH_4N_2O) (Rochen und Haie) und Inosinsäure ($C_{10}H_{13}N_4PO_4$), die letzteren aber nur mehr in geringen Spuren. In etwas größeren Mengen kommt im Fleisch die Fleischsäure ($C_{10}H_{15}N_3O_5$) vor, welche von Siegfried [11] als ein Spaltungsprodukt der Phosphorfleischsäure (Nukleon), die als ein Energiestoff anzunehmen ist, bezeichnet wird. Ihre Zusammensetzung ist nicht genau bekannt, da ihre Reindarstellung noch nicht gelungen ist. Zu erwähnen ist noch das eisen- und phosphorhaltige Karniferrin, welches in geringer Menge von Siegfried in den Muskeln nachgewiesen wurde [12].

Der Gesamtstickstoffgehalt des Muskelfleisches unserer gewöhnlichen Schlachttiere beträgt 3—4 Proz. Von den stickstofffreien Substanzen des Muskelfleisches sind neben Fett zu nennen: Glykogen ($C_6H_{10}O_5$), Inosit ($C_6H_6[OH]_6$) (Hexahydrohexaoxybenzol), ferner die Para- oder Fleischmilchsäure (Äthylidenmilchsäure) ($CH_3 \cdot CH \cdot OH \cdot COOH$) und die Äthylenmilchsäure ($CH_2OH \cdot CH_2COOH$). Die Fleischmilchsäure ist zum Teil in freiem Zustande (saure Reaktion des Fleisches) vorhanden, z. T. an Basen gebunden und wahrscheinlich als Umsetzungsprodukt der Proteinstoffe und Kohlenhydrate anzusehen, ihre Menge ist gering, 0,05—0,07 Proz., die Äthylenmilchsäure ist nur in ganz geringen Spuren nachgewiesen worden, ebenso wie Essigsäure, Ameisensäure, Buttersäure. Das Glykogen dagegen findet sich in größeren Mengen bis 3 Proz. im Fleisch vor, besonders im Pferdefleisch und im Fleische junger Kälber. Die Versuche, in Fleischgemengen (Wurst usw.) Pferdefleisch neben dem meist glykogenfreien oder -armen Schweinefleisch durch die Bestimmung des Glykogen nachzuweisen, können aber ein befriedigendes Resultat darum nicht erwarten lassen, weil der Glykogengehalt der Fleischsorten ein außerordentlich wechselnder ist.

Neben Glykogen findet sich der daraus durch Hydrolyse entstandene Traubenzucker (d-Glukose) in wechselnden Mengen.

Das Fett des Fleisches. Das vom anhängenden Fett befreite Muskelfleisch enthält immer noch, fast unsichtbar zwischen den Muskelfasern eingelagertes Fett, dessen Menge bis zu 4 Proz. betragen kann. Die Zusammensetzung dieses Fettes ist gleich der des sichtbar abgelagerten, es besteht der Hauptsache nach aus Triolein, Tripalmitin, Tristearin ($C_3H_5[OC_{18}H_{33}O]_3$) usw. Trotz dieser im allgemeinen qualitativ übereinstimmenden Zusammensetzung unterscheidet sich das Fett der verschiedenen Tiere, und bei gleichem Tier das verschiedener Körperteile in bezug auf Aussehen, Konsistenz, Schmelz- und Erstarrungspunkt usw., je nach dem Mischungsverhältnis der 3 Glyzerinester und auch anderen jeder Tierspezies zukommenden besonderen Eigenschaften.

Die Mineralbestandteile des Muskelfleisches betragen etwa 0,8—1,8 Proz. des natürlichen, 3,2—7,5 Proz. des wasserfreien Fleisches und bestehen vorwiegend aus Kaliumphosphat und Chlornatrium, in geringerer Menge aus

Kalzium- und Magnesiumphosphat, der Phosphorsäuregehalt schwankt in der Asche etwa zwischen 36 und 48 Proz. Endlich ist noch das die Rotfärbung des Fleisches bedingende Hämoglobin, der Hauptbestandteil der roten Blutkörperchen, zu erwähnen. Es besteht aus dem Globin und dem Hämatin, ersterer ist ein Eiweißkörper (Histone, stark basische Eiweißkörper, die durch Ammoniak aus ihren wässerigen Lösungen ausgefällt werden), letzteres ein eisenhaltiges Pyrrolderivat, dessen Zusammensetzung wahrscheinlich der Formel $C_{34}H_{34}N_4FeO_5$ entspricht [13].

Die Reaktion des frischen Muskels ist amphoter, mit dem Eintritt der Totenstarre wird die Reaktion sauer, veranlaßt durch die Bildung der Milchsäure, an deren Ursprung aber nicht allein das Glykogen, sondern auch gewisse Eiweißstoffe und die Phosphorfleischsäure beteiligt sein dürften [14].

Veränderungen des Fleisches, Zubereitung, Aufbewahrung und Zersetzung.

Bekanntlich liefert ganz frisches, noch warmes Fleisch küchenmäßig zubereitet meist trockene, zähe, wenig schmackhafte und verdauliche Gerichte, erst nach dem Verschwinden der Totenstarre gewinnt das Fleisch die Küchenreife. Als ganz besonders vorteilhaft hat sich längeres Aufbewahren (1—2 Wochen) in kühlen Räumen erwiesen, weil hierbei eine Lockerung des Bindegewebes und der Fleischfaser stattfindet. Einlegen in Milch oder Essig bewirkt ähnlich günstige Veränderungen. Es sei jedoch bemerkt, daß dieses Aufschließen des Fleisches mit dem als Hautgoût bezeichneten Zersetzungsprozeß des Fleisches, der nach Eber als eine saure Gärung aufzufassen ist, nicht zu verwechseln ist.

Durch den Kochprozeß (Sieden oder Braten) wird unter dem Einfluß der Wärme und der schwachen Säuren das Bindegewebe in Leim übergeführt, gelöst, die Muskelfasern lassen sich leichter trennen, Fleisch, das reichlich elastische Fasern und wenig Bindegewebe enthält, bleibt dagegen zähe, da diese sich beim Kochen wenig verändern. Abgesehen hiervon, erleidet aber die Zusammensetzung des Fleisches durch das Erhitzen weitere Veränderungen, je nachdem die Zubereitung vorgenommen wird. Bringt man Fleisch in kaltes Wasser — so schildert Liebig diesen Vorgang [15] — und erwärmt langsam, so verliert das Fleisch einen Teil seiner Salze, lösliches Eiweiß und andere Extraktivstoffe; von der Oberfläche nach innen löst sich das Albumin auf, die Fleischfaser wird hart und zähe. Bei 56° gerinnt das in Lösung gegangene Eiweiß, bei 70° auch das Hämoglobin, beide scheiden sich in Flocken aus der Flüssigkeit aus. Bei weiterem Erwärmen wird das Bindegewebe in Leim übergeführt, und im Innern des Fleisches gerinnt endlich auch das Eiweiß und das Hämoglobin. Derart langsam angekochtes Fleisch liefert eine gute Suppe, aber ein zähes geschmackloses, darum aber nicht etwa weniger nahrhaftes Fleisch, da ja noch der größte Teil der Extraktstoffe in demselben enthalten ist. Wird das Fleisch jedoch rasch erhitzt, z. B. in lebhaft kochendes Wasser eingebracht, so gerinnt das Eiweiß an der Oberfläche und verschließt die inneren Partien gegen die auslaugende Wirkung des Wassers [16].

Ähnlich ist der Vorgang beim Dämpfen des Fleisches, bei welchem nur die Auslaugung eine geringere ist, da hierbei wenig Wasser angewendet wird und auch beim Braten spielt sich der Hauptsache nach dasselbe ab, da rasche

Erhitzung durch das heiße Fett gleichfalls die in den äußeren Fleischpartien vorhandenen Eiweißstoffe zum Gerinnen bringt und so das Austreten des Fleischsaftes verhindert, wodurch das Fleisch im Innern saftig bleibt. Gleichzeitig entstehen durch die höhere Rösttemperatur aus den Fleischbasen eine Reihe sehr geschätzter Geschmacks- und Riechstoffe. Bezüglich der Erwärmung des Fleisches im Innern sei bemerkt, daß die Hitze nur sehr langsam in das schlecht wärmeleitende Fleisch eindringt. Ist außen vollständig gebratenes Fleisch im Innern noch rot, so beweist dies, daß die Innentemperatur 70^0 noch nicht erreicht hatte, da bei dieser Temperatur der Farbstoff zersetzt wird.

Zufolge seiner Zusammensetzung ist das Fleisch im hohen Grade dem Verderben ausgesetzt, da es den Mikroorganismen einen außerordentlich günstigen Nährboden darbietet. In erster Linie sind es die durch Fäulnisbakterien bewirkten Veränderungen, welche zu erwähnen sind. Abgesehen von den Begleiterscheinungen der durch die Bakterien hervorgerufenen Zersetzungen, wie Farbenveränderungen (grau, grünlich, violett), dem Auftreten eines unangenehmen ekelerregenden Geruchs und Geschmacks, sowie anderer physikalischer Veränderungen (Lockerungen des Bindegewebes, Verschwinden der Elastizität, schmierige Oberfläche usw.) gehen noch chemische Umsetzungen vor sich, die zur Bildung von Fäulnisprodukten führen, unter welchen sich eine Anzahl giftiger Stoffe befinden. Man hat diese von Brieger [17], Selmi [18] und anderen Forschern eingehend studierten und in großer Anzahl aufgefundenen Substanzen, welche vielfach große Ähnlichkeit mit den Pflanzenalkoloiden zeigen, Fäulnisalkaloide, Ptomaine und Septicine genannt und ihnen die Giftwirkungen des faulenden Fleisches zugeschrieben. Dies trifft jedoch nicht ganz zu, insofern diesen Ptomainen*) meist nur eine geringe Giftwirkung zukommt und diese sich auch in ihrem Verlaufe wesentlich von den Vergiftungserscheinungen bei Wurstvergiftung u. a. unterscheidet. Diese höchst gefährlichen Vergiftungen sind auf die Wirkung amorpher Toxine zurückzuführen, die durch die Lebenstätigkeit gewisser Bakterien gebildet werden, zumeist wohl gegen Kochhitze widerstandsfähig sind. im faulenden Material, jedoch wie es scheint, nicht beständig sind und hierbei die weniger giftigen Ptomaine abspalten. Dieses Verhalten erklärt die sonst auffallende Tatsache, daß faulendes Fleisch in vielen Fällen ohne Schaden genossen werden kann und erklärt auch anderseits die vielfach gemachte Beobachtung, daß die Bildung dieser Toxine in dem ersten, sinnlich oft noch nicht wahrnehmbaren Stadium der Fäulnis vor sich gegangen ist. Als Verursacher der richtigen Wurstvergiftung (Botulismus, Allantiasis) ist von van Emergem ein anaerober Spaltpilz, Bac. botulinus, erkannt und studiert und dessen Toxin dargestellt worden. Durch Erhitzen auf 80^0 wird sowohl der Pilz als die Sporen getötet, und das Toxin, das gegen Fäulnis sehr widerstandsfähig ist, zerstört. In 6prozentiger Kochsalzlösung hört das Wachstum dieses auch in Schweinekot aufgefundenen Bazillus auf. Es empfiehlt sich daher bei Herstellung der Würste die Därme möglichst zu reinigen, und den Wassergehalt der Würste, auf etwa 30—35 Proz. zu beschränken. Während Fischvergiftungen der Wurstvergiftung ganz ähnlich

---

*) Muskorin, Cholin, Neurin, Kadaverin, Putreszin usw., welche als Amine und Diamine erkannt wurden, Kadaverin = Pentamethylendiamin, Putreszin = Tetramethylendiamin usw.

verlaufen, ist dies bei den vielfach beobachteten Hackfleischvergiftungen nicht der Fall und es ist noch nicht festgestellt, ob es sich hier ausschließlich um eine Toxinvergiftung handelt. Dasselbe gilt für die giftigen Muscheln, aus welchen Brieger [19] das höchst giftige Mytilotoxin isolierte. Da gesunde, nicht giftige Muscheln in unreines Wasser gebracht, giftig wurden, umgekehrt aber derart giftige Muscheln in reinem Wasser entgiftet werden konnten, so ist als Ursache der Giftbildung wahrscheinlich das Eindringen von Bakterien in die Muscheln anzunehmen.

Vgl. im übrigen über Fleischvergiftungen Bd. III.

Literatur über Wurst- und Fischvergiftungen:

van Emergem, Centralbl. f. Bakteriologie 1897, **19**, **20**, **21**; Zeitschschr. f. Hyg. 1897, **26**, 1.

J. Suter, Die Fleischvergiftungen von Andelfingen und Kloten. Hyg. Tagesfragen. München 1879.

Senkpiehl, Massenerkrankung nach Fleischgenuß. Inaug.-Diss. Berlin 1887.

Wesenberg, Beiträge z. Bakteriologie d. Fleischvergiftung. Zeitschr. f. Hyg. 1898, **28**, 484.

Silberschmidt, Beiträge z. Frage d. Fleischvergiftung. Zeitschr. f. Hyg. 1899, **30**, 328.

Wesenberg, Untersuchung von Fleisch und Fleischwaren in Fällen von Fleischvergiftung. Pharm. Ztg. 1901, **46**, 409.

Kobert, Über Giftfische und Fischgifte. Chem.-Ztg. 1902, **26**.

Schneidemühl, Die animalischen Nahrungsmittel. Rep. 165. Berlin-Wien, Urban & Schwarzenberg, 1903.

E. Hübener, Fleischvergiftungen usf. Jena, G. Fischer, 1910.

Eine vollkommen unschädliche Veränderung des Fleisches ist das Grauwerden, das Verblassen des Blutfarbstoffes, welches besonders bei Würsten beobachtet wird. Die Ursache dieser Erscheinung ist noch nicht genügend aufgeklärt.

Noch zu erwähnen sind als nicht erwünschte Veränderungen des Fleisches die sogenannte stinkende saure Gärung, welche meistens bei dem Fleische der Schlachttiere oder Wild eintritt, wenn dieses noch lebenswarm verpackt, übereinander gelagert oder überhaupt nicht oder nicht genügend abgekühlt wird. Gesundheitsstörungen sind durch den Genuß solchen Fleisches nicht beobachtet worden, gleichwohl ist solches Fleisch als verdorben zu bezeichnen.

Leuchtende Fleischwaren. Sowohl gesunde rohe als gekochte Fleischwaren zeigen nicht selten die Eigenschaft, im Dunkeln zu leuchten. Nach Pflüger wird das Leuchten durch die Gegenwart von Meeresbakterien hervorgerufen, die auf irgendeine Weise übertragen wurden, das Wesen des Leuchtens selbst aber sei ein Oxydationsvorgang. Tatsächlich konnte gebratenes oder gekochtes Fleisch durch Impfung mit leuchtenden Seewasserbakterien leuchtend gemacht werden.

Obgleich durch den Genuß solchen Fleisches noch niemals Gesundheitsstörungen veranlaßt wurden, ist solches Fleisch als verdorben zu bezeichnen.

Rot- und Blaufärbung. Häufig nimmt das Fleisch nach längerem Kochen eine eigentümliche vom Blutrot verschiedene Farbe an, die durch direkte längere Berührung mit Eis erklärt wird.

Nach den Untersuchungen von Kißkalt ist diese Färbung auf die Einwirkung von salpetriger Säure bei längerem Kochen zurückzuführen. Fleisch, welches vor dem Kochen auf Eis gelegen hatte, wurde bei Abwesenheit von salpetriger Säure nicht rot.

Auch schweflige Säure, nach Rubner ein Konservierungsmittel des

Blutfarbstoffs, verleiht dem Fleisch eine schöne rote Farbe, worauf noch später zurückzukommen ist.

Rote und blaue Flecken können auf rohem wie gekochtem Fleisch durch Bacterium prodigiosum und Bacillus cyanogenus hervorgerufen werden. Die Stoffwechselprodukte des ersteren sollen giftig sein, da aber die Kolonien dieser Organismen nur oberflächlich wachsen, so kann diese oberflächliche Verunreinigung leicht beseitigt werden.

Konservieren des Fleisches.

Die Konservierung des Fleisches kann geschehen:

1. Durch Trocknen (Fleischmehl, Stockfisch, Klippfisch, Pemmikan, getrocknetes Rindfleisch der Indianer Nordamerikas, durch Einreiben des Fleisches mit Salz, Zucker).

2. Durch Abschluß von der Luft. Hierher gehören die in geschmolzenes Fett eingelegten Konserven (Gänseleberpastete), die in Öl eingelegten Sardinen und das in luftdicht verschlossenen Büchsen in einer Atmosphäre von Kohlensäure oder schwefliger Säure aufbewahrte Fleisch.

3. Durch Anwendung von Kälte (Eisschränke, Kühlhäuser, Kühlkammern). Wesentlich unterstützt wird die konservierende Wirkung der Kälte noch durch die Einwirkung kalter und bewegter Luft. In den Kühlhäusern und Kühlräumen der Schiffe wird daher nicht nur die Temperatur auf etwa 0° erhalten, sondern durch besondere maschinelle Anlagen eine fortwährende Ventilation durch vorher abgekühlte Luft bewirkt. Für den überseeischen Transport, für die Verpflegung von Festungen, also für die Konservierung auf längere Zeit empfiehlt es sich, das Fleisch frieren zu lassen, da sich solches Fleisch in geeigneten kühlen Räumen fast unbegrenzte Zeit aufbewahren läßt. Da beim Auftauen des gefrorenen Fleisches der Fleischsaft rasch aus dem Fleisch austritt und baldiges Verderben solchen Fleisches eintritt, so muß dieses möglichst rasch verbraucht werden.

4. Erhitzungsverfahren. Zuerst von Appert angewendet, ist das Sterilisationsverfahren jetzt zur Herstellung der sogenannten Büchsenkonserven allgemein im Gebrauch. Das vorher zubereitete Fleisch wird noch heiß in Blechbüchsen eingefüllt, der Deckel aufgelötet und sodann in Wasser auf 100° erhitzt. Zur Bereitung des Corned beef wird das in Pökelfässer durchgesalzene Fleisch in Büchsen eingefüllt, gekocht und die Büchsen nach der ersten Kochung angebohrt, um Luft, Wasserdampf und überschüssiges Fett entweichen zu lassen, worauf die Öffnung wieder verlötet und die Büchsen nochmals mehrere Stunden erhitzt werden. Um die Temperatur über 100° zu treiben, ist Erhitzen in einem Chlorkalziumbade (110°) empfohlen worden. Durch zu langes und zu starkes Erhitzen wird der Geschmack des Büchsenfleisches beeinträchtigt, außerdem wird das Fleisch faserig und zähe, die Fabrikation hat also allen Grund, diesen Nachteilen durch Abkürzung der Erhitzungsdauer und Verminderung der Temperatur zu begegnen. Nach Abel sollen noch Temperaturen unter 100° vollständig genügen.

Ungenügend sterilisierte Büchsen, in denen Fäulnis eintritt, blähen sich auf, dieses sichere Kennzeichen verdorbener verlöteter Büchsen versagt selbstverständlich bei undicht gewordenen Büchsen. Finden sich in dem Inhalt einer solchen Büchse Gasblasen vor, ist die Gallerte verflüssigt und

von dumpfem fauligem Geruch, so sind solche Konserven als verdorben zu vernichten.

5. Die chemischen Konservierungsmethoden beruhen auf Anwendung antiseptisch wirkender Stoffe, durch welche entweder die Fäulniserreger getötet oder in ihrer Entwicklung gehemmt werden. Hier ist zunächst das uralte Verfahren des Einsalzens und Einpökelns zu erwähnen, welches auf der Verminderung des Wassergehalts einerseits und der schwach antiseptischen Wirkung des Kochsalzes anderseits beruht. Das Fleisch wird entweder mit Kochsalz eingerieben oder in Fässer zwischen Kochsalzlagen eingepackt, oder endlich in Salzlösung (25 Proz.) eingelegt. Letzteres Verfahren wird Pökeln genannt. Um große Fleischstücke in kürzerer Zeit mit der Salzlake zu imprägnieren (das gewöhnliche Einlegen dauert 6—8 Wochen), wird diese mit besonderen Injektionsspritzen in das Fleisch eingepreßt und außerdem das Fleisch noch oberflächlich mit Salz eingerieben. Andere Schnellpökelverfahren beruhen darauf, z. B. das ganze Tier nach dem Ausbluten, vom Herzen oder der Carotis aus mit Lake vollzupumpen oder das Fleisch in luftleer gemachten Kesseln zunächst zu entlüften und dann die Lake unter Druck eindringen zu lassen, worauf das Fleisch versandfähig ist. Nach diesem sogenannten schwedischen Verfahren soll nicht nur ein sehr haltbares, sondern auch geschmacklich vorzügliches Produkt erhalten werden.

Zur Herstellung der Pökellake werden Salzmischungen, welche der Hauptsache nach aus Kochsalz und einem Zusatz von 1—2 Proz. Salpeter bestehen, angewendet, letzterer hat den Zweck, dem Fleisch die rote Farbe zu erhalten [20]. Pökelfleisch ist schwer verdaulich, durch das Salzen und Pökeln werden dem Fleisch Extraktivstoffe, Phosphate und auch etwas Eiweiß entzogen und zwar durch das Pökeln mehr als durch das Salzen [21].

Beizen und Marinieren besteht in dem Einlegen des Fleisches in Essig mit oder ohne Gewürzzusatz.

Noch zu erwähnen ist ein von Emmerich angegebenes Verfahren, geschlachtete Tiere ganz oder geteilt aufzubewahren. Die Tiere werden mit keimfrei gemachten Werkzeugen ausgeweidet und zerlegt, ohne die natürlichen Umhüllungen des Fleisches (Fell, Fett, Bindegewebe) zu entfernen, sodann wird die Oberfläche der nicht vom Fell bedeckten Fleischteile mit Eisessig bestäubt und die Stücke in Sägespäne verpackt, die mit Kochsalz getränkt und nachher bei 180^{0} getrocknet wurden.

Räuchern. Die im Rauch vorhandenen antiseptisch wirkenden Bestandteile, wie Kreosot, Phenol, Kresol, Essigsäure usw., schützen nicht nur die Oberfläche des Fleisches, sondern dringen auch in das Innere ein, verhindern dadurch die Entwicklung der Fäulniserreger und verleihen gleichzeitig dem Fleisch den beliebten Räuchergeschmack.

Nur wenn das Räuchern zu lange und zu heiß durchgeführt wird, leidet die Qualität des Fleisches, da es durch Wasserverlust trocken und hart und das geronnene Eiweiß in die schwer lösliche Form übergeführt wird. Zweckmäßig wird das Fleisch vor dem Räuchern eingesalzen. Nach den Untersuchungen von Serafini und Ungaro, ebenso von Silberschmidt werden die im Fleisch vorhandenen Bakterien nicht getötet, wohl aber in ihrer Entwicklung gehemmt. Zu heißes Räuchern wirkt außerdem noch dadurch sehr nachteilig, daß sich an der Oberfläche eine Kruste bildet, die

das Eindringen des Rauches in das Fleisch verhindert, außerdem findet auch Ausschmelzen des Fettes statt.

Zur Entwicklung des Rauches eignet sich am besten hartes Holz, Tannenholz ist wegen des Terpentingeruches ungeeignet, ebenso Torf, Kohle usw. Die sogenannte Schnellräucherei besteht einfach darin, die Fleischware mehrmals in eine Lösung von einem Teil rohem Holzessig und zwei Teilen Wasser einzutauchen und jedesmal abtropfen zu lassen.

Die Verwendung anderer Konservierungsmittel als die oben angeführten, wie Salizylsäure, Benzoesäure, Borsäure und deren Salze, Alkali- und Erdalkali-Hydroxyde und Karbonate, schweflige Säure und deren Salze, unterschwefligsaure Salze, chlorsaure Salze, Fluorverbindungen, Formaldehyd usw. ist in Deutschland durch das Gesetz vom 3. VI. 1900, betreffend die Schlachtvieh- und Fleischbeschau, verboten.

Zu den Fleischkonserven gehören noch die Würste und die Pasteten.

Wurstwaren sind konservierte Fleischwaren, zu deren Herstellung gehacktes Fleisch, Blut, Eingeweide (Leber, Lunge usw.), Knorpel und Sehnen der verschiedenen Schlachttiere unter Zusatz von Wasser, Gewürzen, Fett, manchmal auch Milch und Eier verwendet werden. Zur Umhüllung der Wurstmasse dienen Därme, Magen oder Blase von Rind, Schwein und Schafen, auch Pergamentpapier wurde versuchsweise benutzt, soll sich aber als zu wenig elastisch nicht bewährt haben. Die Wurstsorten werden nach ihren Hauptbestandteilen unterschieden, besitzen aber außerdem vielfach Ortsbezeichnungen. Die Pasteten sind den Würsten ähnlich, sie werden aber zum Zwecke ihrer Aufbewahrung nicht in Därme usw. eingefüllt, sondern in festen Gefäßen (Metall, Glas) luftdicht verschlossen in den Verkehr gebracht.

Fleischpräparate, Fleischextrakte, Fleischpeptone.

Fleischextrakte sind eingedickte wässerige Fleischauszüge, welche sämtliche in Wasser löslichen Fleischbestandteile, bis auf das zum größten Teil ausgeschiedene Eiweiß, enthalten, und zwar vorwiegend die Fleischbasen, die löslichen Eiweißstoffe, die Salze, Milchsäure und Glykogen. Zur Herstellung dient frisches, mageres von Sehnen und Fett möglichst befreites Fleisch, das mit kaltem Wasser ausgezogen wird. Die Lösung wird zur Abscheidung des Eiweißes auf 80^0 erwärmt, filtriert und weiter eingedampft. Ein anderes Verfahren zieht das vorbereitete Fleisch direkt mit heißem Wasser aus, filtriert und konzentriert sodann im Vakuum.

Die Fleischpeptone sind dagegen löslich gemachtes Fleisch, ihre wesentlichsten Bestandteile sind neben den löslichen Bestandteilen des Fleisches, die löslichen Eiweißstoffe und Peptone. Je nachdem ihre Herstellung durch Fermente (Pepsin, Pankreatin oder Papayotin) oder durch Wasser unter Druck mit oder ohne Zusatz von Säuren und Alkalien erfolgt, unterscheidet man Pepsin-, Pankreas- und Papayotinpeptone, und Fleischlösungen oder Fleischpeptone (fluid meats).

Von den zahlreichen im Handel vorkommenden Präparaten mögen kurz die wichtigsten angeführt werden:

Pepsinpeptone, hergestellt durch Einwirkung von frischem saurem Magensaft oder Pepsinpulver bei Gegenwart von Salzsäure oder Weinsäure auf Eiweiß. (Peptone von Finzelberg, Witte, Denayer, Jewrn, Cornelis u. a.)

Pankreaspeptone, gewonnen durch Einwirkung von Pankreatin oder Trypsin auf Eiweiß in alkalischer Lösung. (Pepton von E. Merck.)

Pflanzenpepsinpeptone sind durch Einwirkung des in dem Safte des Melonenbaumes, Carica Papaya (Ostindien und Südamerika), vorwiegend aber in den unreifen Früchten enthaltenen Enzymes, Papayotin oder Papsin genannt, auf Fleisch hergestellt. (Cibils Papaya Fleischpepton.)

Fleischlösungen. Hier sind zu nennen die Fleischlösung von Leube-Rosenthal, das Präparat Puro von D. H. Scholl, Fleischpeptone von Kemmerich und Koch, Somatose usw.

Die von König mitgeteilten Analysen geben ein annäherndes Bild der chemischen Zusammensetzung dieser Präparate, bezüglich der Zusammensetzung der anderen, hier nicht erwähnten zahlreichen ähnlichen Produkte ebenso wie der, besonders in den letzten Jahren in großer Zahl aufgetauchten Proteinnährmittel, die teils aus tierischen, teils aus pflanzlichen (Kleber) löslich gemachten (peptonisierten) Eiweißstoffen bestehen, deren Aufzählung zu weit führen würde (Tropon, Sanatogen, Plasmon usw.), muß gleichfalls auf die angegebene Quelle verwiesen werden [22].

	Fleischextrakt		Pepton		Papaya Fleischpepton Cibils	Puro Fleischsaft	Somatose
	fester Liebig	flüssiger Cibils	Witte	Merck (Sirup)			
Wasser	17,70	65,80	6,37	32,42	26,77	50,42	10,91
Organische Stoffe	61,04	16,87	87,15	63,75	58,27	40,93	83,00
Gesamtstickstoff	9,17	3,03	14,37	9,01	9,51	—	—
Unlösliche und gerinnbare Proteinstoffe	0,36	0,29	—	Sp.	0,27	12,25	0,0
Albumosen	6,01	6,62	47,93	10,75	5,27	10,50	76,59
Pepton	—	—	39,80	27,94	39,45	12,32	2,79
Ammoniak	0,59	0,35	—	—	—	0,27	—
Sonstige Stickstoffverbindungen	54,08	9,61	—	24,67	13,20	4,68	1,49
In Alkohol 80 Proz. löslich	63,95	17,33	—	—	—	—	—
Ätherextrakt (fett)	—	—	—	0,39	0,35	1,16	2.13
Mineralbestandteile	21,26	17,33	6,48	3,83	14,97	8,65	6,09
Kali	8,98	2,28	—	1,78	4,10	2,82	—
Phosphorsäure	7,25	1,61	—	1,46	3,23	2,14	0,10
Kochsalz	3,49	13,54	—	—	7,3	2,63	—

Im Anhange hierzu sind noch die Speise- und Suppenwürzen, die Bouillontafeln, die Hefeextrakte und die Saucen anzuführen [23]. Die ersteren sind Ersatzmittel des Fleischextraktes, sie werden aus Suppenkräuter, Gewürzen und in den meisten Fällen unter Zusatz von recht viel Kochsalz hergestellt (Maggis Suppenwürze usw.). Die Hefeextrakte, deren Gehalt an Stickstoffsubstanzen die der Suppenwürzen übertrifft, werden aus Hefe durch Extraktion mit Kochsalz gewonnen. Fleischbasen sind jedoch darin nicht enthalten. Die Saucen endlich bestehen aus Pflanzen- und Gewürzauszügen, denen vielfach noch Fleischauszüge zugesetzt werden. Weite Verbreitung besitzen die japanische und chinesische Soya, die Misa Saki [24], die der Hauptsache nach durch Einwirkung eines von dem Schimmelpilz (Aspergillus Oryza) gebildeten Fermentes auf Zerealienmehl hergestellt werden.

Untersuchung und Beurteilung.

Für die Untersuchung und Beurteilung von Fleisch und Fleischwaren ist der Chemiker zuständig, wenn es sich um die Bestimmung der Zusammensetzung, den Nachweis von Konservierungsmitteln, Farbstoffen, Fäulnisprodukten usw. handelt, die Untersuchung und Beurteilung jedoch in bezug auf Bestimmung der Tierspezies, Krankheiten, Schlachtbefund usw. ist einzig und allein Sache des beamteten Tierarztes oder Fleischbeschauers. Es sollen daher an dieser Stelle nur die chemischen Methoden angeführt werden, und zwar, dem Rahmen dieser Schrift entsprechend, welcher eine nähere Angabe der einzelnen Methoden nicht gestattet, in möglichst kurzer Form. Bezüglich der Einzelnheiten der Methoden muß daher auf die angegebene Quelle verwiesen werden [25].

I. Bestimmung der wichtigsten Bestandteile.

1. Bestimmung des Wassergehalts. Vortrocknen des sorgfältig zerkleinerten Fleisches bei 40—50°, Beendigung bei 100—105°.

2. Asche (Mineralbestandteile). 5—10 g Fleisch werden nach Vortrocknen usw. bei möglichst kleiner Flamme verbrannt (es ist vorteilhaft, das getrocknete Fleisch vorher zu entfetten), der verkohlte Rückstand mit Wasser ausgelaugt, der Rückstand vollständig verascht, dann erst die Lösung zugefügt, getrocknet, geglüht, mit Ammonkarbonat befeuchtet, nochmals schwach geglüht und gewogen.

Die Bestimmung der einzelnen Aschebestandteile:

a) Phosphorsäure. Aschen werden mit Salpetersäure ausgezogen, zur Überführung etwa vorhandener Pyrophosphorsäure auf dem Wasserbade eingedampft, die Phosphorsäure mit Molybdänlösung ausgefällt.

b) Chlor in der Aschenlösung, gewichtsanalytisch oder titrimetrisch nach Volhard mit Rhodanlösung.

3. Fettgehalt. Die abgewogene, möglichst zerkleinerte und getrocknete Substanz wird mit wasserfreiem Äther in einem geeigneten Extraktionsapparat extrahiert.

Dormeyer [26] hat festgestellt, daß die Extraktion im Soxhletschen Apparat unvollkommen ist, derart extrahiertes Fleischpulver enthielt noch 0,75 Proz. Fett, er empfiehlt daher das Fleisch mit Pepsinsalzsäurelösung aufzuschließen und aus der Fleischlösung das Fett mit Äther auszuschütteln. Siehe auch E. Polenske: Fettbestimmung in Nahrungsmitteln. Arb. d. K. Ges.-A. 1910, 33, 563.

Die Prüfung des Fettes auf fremde Fette siehe unten.

4. Bestimmung des Stickstoffs erfolgt nach dem Kjeldahlschen Verfahren.

5. Bestimmung der in Wasser löslichen Extraktivstoffe. 50 g fettfreies, feingehacktes Fleisch werden mit kaltem Wasser bis zur Erschöpfung extrahiert und die vereinigten Auszüge auf ein bestimmtes Volum aufgefüllt. In Teilen dieser Lösung wird die Gesamtmenge der gelösten Substanzen, deren Stickstoffgehalt, das koagulierbare Eiweiß (Abscheidung durch Kochen) und aus der Differenz des Gesamtstickstoffs und des Eiweißstickstoffs die Menge des nicht in Eiweißform vorliegenden Stickstoffs bestimmt.

6. Bindegewebe. Der in kaltem Wassser unlösliche Rückstand wird längere Zeit mit Wasser gekocht, in der Lösung wie oben Gesamtrückstand und Stickstoff bestimmt. $N \times 5{,}55$ = Bindegewebe.

7. Muskelfaser. Der Rückstand der Heißwasserbehandlung wird auf getrocknetem Filter gesammelt, getrocknet, entfettet und nach dem Wiegen verascht. (Aschefreie Muskelfaser.)

II. Bestimmung der Tierspezies.

Die zur Unterscheidung der Tierspezies vorgeschlagenen Methoden, die hauptsächlich zum Nachweis von Pferdefleisch in Hackfleisch, Würsten und Konserven empfohlen wurden, beruhen auf dem Nachweis und der Bestimmung des Glykogens [27], Zuckers, der fettfreien Trockensubstanz und der Ermittlung der Jodzahl des Fettes, sie sind aber sämtlich durch das biologische Verfahren verdrängt worden, das durch seine Empfindlichkeit und Sicherheit den chemischen Methoden weit überlegen ist. Der auf der Bestimmung des Glykogens beruhende Nachweis ist nämlich zufolge des außerordentlich wechselnden Glykogengehaltes des Fleisches selbst derselben Tierspezies höchst unsicher und damit verliert auch die von Niebel [28] aufgestellte Norm, nach welcher Gegenwart von Pferdefleisch erwiesen ist, wenn die Summe von Traubenzucker und des auf Traubenzucker berechnenden Glykogens 1 Proz. der fettfreien Trockensubstanz überschreitet, ihre Berechtigung. Dasselbe gilt von dem lediglich auf der qualitativen Jodreaktion berührenden Nachweis von Edelmann und Bräutigam [29]. Etwas sicherer ist die Bestimmung der Jodzahl des zwischen den Muskelfasern abgelagerten Fettes [30], die nach Hasterlik, der dieses Verfahren für den Nachweis von Pferdefleisch in Corned beef vorgeschlagen hat, für Pferdefett 79,7—85,6 Proz., für Fett aus Rindfleisch 49,7—58,4 Proz. beträgt. Er hält die Gegenwart von Pferdefleisch bei einer Jodzahl von 80 und darüber für erwiesen.

In die amtliche Anweisung für die chemische Untersuchung von Fleisch und Fetten ist die Bestimmung der Jodzahl mit der Abänderung aufgenommen, daß die Anwesenheit von Pferdefleisch als erwiesen anzusehen sei, wenn die Jodzahl 70 und mehr beträgt. Da bekanntlich Jodzahl und Lichtbrechungsvermögen der tierischen Fette fast parallel laufen, so hat die amtliche Anweisung auch die Bestimmung des Brechungsvermögens des aus dem verdächtigen Fleisch durch Ausschmelzen oder Auskochen (nicht extrahieren) gewonnenen Fettes eingeführt. Übersteigt die Zeiß-Wollnysche Refraktometerangabe, auf 40^0 umgerechnet, den Refraktionswert von $51{,}5^0$, so ist auf die Gegenwart von Pferdefleisch zu schließen [31].

III. Das biologische Verfahren,

dessen wissenschaftliche Grundlagen durch die Entdeckung der Präzipitine gegeben waren, hat hauptsächlich durch Uhlenhuth die praktische Ausgestaltung erfahren, die deren Verwendung im Dienste der Nahrungsmittelkontrolle ermöglicht. Das Verfahren beruht auf der Tatsache, daß das Blutserum eines z. B. mit Schweineblut vorbehandelten Kaninchens nur in einem aus Schweinefleisch hergestellten Auszuge einen Niederschlag erzeugt. Diese Reaktion tritt auch bei geräuchertem und gepökeltem, selbst jahrealtem Fleisch, nicht aber bei gekochtem Fleisch ein, sie ist daher auch in die Ausführungsbestimmungen zum Fleischbeschaugesetz aufgenommen. Bezüglich der Ausführung der Methode, Gewinnung des brauchbaren, spezifisch wirkenden Antiserums, das zweckmäßig von bewährten Instituten [32] bezogen wird, kann auf die in den Arbeiten des Kaiserl. Gesundheitsamtes erschienene Arbeit verwiesen werden [33].

IV. Erkennung und Nachweis der Fleischfäulnis.

Nach C. May [34] besitzt das Stadium der beginnenden Fäulnis keine chemischen Merkmale, obgleich in diesem Stadium die gefährliche Toxinbildung eintreten kann und Indol, Skatol und Ptomaine noch nicht nachweisbar sind. Diese Stoffe, ebenso wie Ammoniak, treten erst auf, wenn sich das Verdorbensein bereits durch Geruch und äußeres Ansehen deutlich zu erkennen gibt. Die Ammoniakprobe nach Eber [35] (Nebelbildung in einem mit Salzsäuredampf erfüllten Röhrchen) hat daher um so mehr nur bedingten Wert, als nach Glage [36] die Bildung von Ammoniak kein besonders Kennzeichen der Fäulnis ist.

Ist der Fäulnisprozeß weiter fortgeschritten, so können die aus aromatischen Oxysäuren, Indol, Skatol usw. bestehenden Zersetzungsprodukte nach den von Baumann und Hoppe-Seyler, Kossel und Wolkowicz angegebenen Methoden nachgewiesen werden [37].

V. Nachweis der Fäulnisalkaloide.

Soweit sich dieser Nachweis auf die eigentlichen Ptomaine erstrecken soll, welchen eine ausgesprochene Giftwirkung (siehe oben) nur vereinzelt zukommt, wird ein solcher wohl nur selten zu führen sein. Ihre Isolierung erfolgt nach dem von Brieger [38] angegebenen Verfahren, von welchem auch nähere Angaben über die Reindarstellung des Mytilotoxins [39] (Gift der Miesmuscheln) herrühren. Um dieses Toxin nachzuweisen, bringt man die Leber der Muschel unter die Haut eines Kaninchens oder impft Kaninchen mit den aus einer größeren Anzahl Muscheln mittels verdünnter Salzsäure hergestellten Auszug. Die salzsaure Lösung wird zunächst eingedampft, der Rückstand mit Alkohol aufgenommen, abermals eingedampft und dann zur Einspritzung verwendet. In beiden Fällen verendet das Versuchstier, falls die Muscheln Gift enthalten.

Tiere, die erst einige Zeit nach dem Tode gekocht wurden, wie Krebse, können durch beginnende Fäulnis giftige Eigenschaften erlangt haben. Gesottene Krebse, deren Schwanz nicht gekrümmt an den Bauch gezogen ist, sondern sich in gestreckter Lage befindet, sind bereits abgestorben gekocht worden. Tote Fische, deren Auge den Glanz verloren hat, deren Fleisch Fingereindrücke annimmt und deren Schuppen leicht abgehen, sind als ungenießbar zu bezeichnen.

VI. Nachweis der Konservierungsmittel.

Der Nachweis der Konservierungsmittel hat nach den Ausführungsbestimmungen Anlage d, § 5, II 3 zum Fleischbeschaugesetz zu erfolgen. Es muß, was die Ausführung dieser Nachweise anbelangt, auf die angegebene Quelle verwiesen werden [40].

Nicht dort erwähnt ist die Bestimmung des Salpeters in Fleischwaren. Nach den Reichsvereinbarungen kann die Salpetersäure in der wässerigen Auskochung des Fleisches nach den Methoden von Schlösing (Schulze-Tiemann) [41] in der Form von Stickoxyd oder nach den Reduktionsmethoden von Ulrich [42] und Böttcher [43] mittels Ferrum reductum und Zinkstaub in saurer oder alkalischer Lösung als Ammoniak bestimmt werden.

Diese beide Verfahren sind ungenau, da durch die Einwirkung des Alkalis auf die Fleischbestandteile Ammoniak gebildet wird und zu hohe Resultate erhalten werden. Farnsteiner und Stüber [44] empfehlen da-

her das umständlichere und zeitraubende Schulze-Tiemannsche Verfahren. Durch die Nitronmethode von Busch [45], welche nach den neuesten Arbeiten von Paul und Ganghofer [46] für die Bestimmung der Salpetersäure in Fleischsaft und anderen komplizierten Gemischen organischer Extraktivstoffe vorzüglich anwendbar ist, ist auch dieser Mißstand beseitigt.

VII. Nachweis fremder Farbstoffe.

a) Nach der amtlichen Anleitung. Extrahieren mit 4prozentiger Lösung von Natriumsalizylat, Fällung des Kaseins in der mit Ammoniak übersättigten Lösung mit Alaunlösung und Nachweis der Teerfarbstoffe durch Ausfärben des mit Natriumbisulfat versetzten Filtrates mit Wolle.

b) Nachweis von Teerfarbstoffen überhaupt. Extraktion mit Äthyl- oder Amylalkohol, ist die Lösung rotgefärbt, so ist ein Farbstoff vorhanden. Ausfärben der mit Kaliumbisulfat versetzten Lösung mit Wolle.

c) Karmin kann dem Fleisch oder Wurst durch wässeriges Glyzerin [47] oder besser mit einer schwach angesäuerten Mischung von gleichen Teilen Wasser und Glyzerin entzogen werden [48]. Die Lösung kann spektroskopisch geprüft oder das Karmin mit Ammoniak und Alaun als Lack ausgefällt werden.

Bekanntlich werden, um dem Fleisch die rote Farbe zu erhalten, Zusätze von Salpeter, Zucker, schwefligsauren Salzen und anderen Salzen angewendet. Die hindurch hervorgerufene Rötung (Salzungsröte) verschwindet beim Kochen.

VIII. Nachweis und Bestimmung der Stärke in Wurstwaren.

a) Qualitativ, durch Betupfen der frischen Schnittfläche mit Jodlösung oder Zusatz von Jodlösung zu der wässerigen Abkochung. Bei Gegenwart von Stärke tritt Blaufärbung ein. Mikroskopische Prüfung jedesmal zu empfehlen, um bei schwacher Reaktion die durch Gewürzstärke veranlaßte Färbung auszuscheiden.

b) Quantitative Bestimmung. Die getrocknete und entfettete Substanz wird zwecks Verkleisterung der Stärke mit Wasser gekocht, die Stärke dann entweder mit Diastase verzuckert oder mit Säure invertiert und sodann der Traubenzucker bestimmt. Dextrose $\times$ 0,9 = Stärke.

Einfacher ist es, die etwas zerkleinerte Wurst mit alkoholischer Kalilauge auf kochendem Wasserbade zu behandeln, wobei die Stärke unlöslich zurückbleibt, während Fett, Eiweißstoffe usw. gelöst werden. Der Rückstand wird mit Alkohol ausgewaschen, sodann in wäßriger Kalilauge gelöst, mit Essigsäure angesäuert und die Stärke mit Alkohol ausgefällt, tüchtig mit Alkohol nachgewaschen und auf gewogenem Filter gesammelt, vorsichtig getrocknet und gewogen. Durch Veraschen kann der Mineralstoffgehalt in Abzug gebracht werden [49].

Nach beiden Verfahren sind sowohl die Gewürzstärke (Maximum 0,5 Proz.) als das etwa vorhandene Glykogen mit bestimmt. Die Trennung des Glykogens von der Stärke kann durch verdünnten Alkohol [50] oder besser durch Aussalzen mit Ammonsulfat [51] durchgeführt werden.

Im Anhange hierzu sei noch bemerkt, daß an Stelle des Mehls in neuerer Zeit vielfach Eiweißpräparate als Bindemittel angewendet werden. Es sind dies meist aus Pflanzeneiweiß (Kleber) hergestellte Produkte, denen immer noch kleine Mengen von Stärke anhaften, die jedoch für den Nachweis des Bindemittels belanglos sind. E. Feder [52] macht nun darauf aufmerksam, daß

diese Präparate alle einen Zusatz von Alkali (Soda) erhalten, um quellungsfähig zu werden, oder aber reichlich Kalk enthalten, wodurch in allen Fällen die Alkalität der Asche ganz wesentlich erhöht wird. Die Bestimmung des Kalks in der Asche und deren Alkalität kann daher in vielen Fällen zum Nachweis solcher Zusätze mit Erfolg angewendet werden.

IX. Beurteilung von Fleisch und Fleischwaren.

Die Beurteilung ist in erster Linie Sache des Tierarztes. Faulendes Fleisch, Fleisch, welches in bezug auf Farbe, Geruch, Konsistenz anormal erscheint, ist vom Verkehr auszuschließen. Ebenso leuchtendes, schimmliges oder aufgeblasenes Fleisch und ebenso Fleisch, welches die im Fleischbeschaugesetz verbotenen Konservierungsmittel enthält (Borsäure, Salizylsäure, schweflige Säure, Fluorverbindungen usw.). Dasselbe gilt für Wurstwaren. Zur Herstellung derselben darf nur frisches von gesunden Tieren stammendes Fleisch verwendet werden. Die Därme müssen gut gereinigt und geruchfrei, die Pergamentschläuche bleifrei sein.

Der Wassergehalt soll bei Dauerwürsten 60 Proz. (etwas sehr hoch!), bei Würsten für den sofortigen Konsum 70 Proz. nicht übersteigen.

Diese in die Reichsvereinbarungen aufgenommene Bestimmung bedarf einer Ergänzung insofern, als hierbei der Fettgehalt der Wurst berücksichtigt werden muß oder vielleicht zweckmäßig, der Gehalt an Fett und Wasser.

Der Zusatz von Stärkemehl (Mehl, Weißbrot usw.) ist grundsätzlich unstatthaft, er ist nur dort, wo ein solcher Zusatz ortsüblich ist, bis zur Höhe von 2 Proz. zu dulden, muß aber zur Kenntnis des Käufers gebracht werden. Der neuerer Zeit vielfach beliebte Zusatz von Eiweißpräparaten (Kleber) als Ersatz des leicht nachweisbaren Stärkemehls als Bindemittel ist gleichfalls zu beanstanden und als Fälschung zu bezeichnen.

Das Färben der Wurst, auch der Hülle, ausgenommen die Hüllen derjenigen Wurstarten, bei denen die Gelbfärbung üblich und ohne weiteres als künstliche zu erkennen ist, ist verboten [53].

Normen für die Beurteilung von Fleischextrakten, Fleischpeptonen, Proteinnährmittel, Speise- und Suppenwürzen.

Nach den ursprünglich von Liebig gestellten Forderungen sollen die festen Fleischextrakte weder Albumin noch Fett (Ätherextrakt nicht über 1,5 Proz.) und nicht mehr als 21 Proz. Wasser enthalten. Der Stickstoffgehalt soll 8,5—9,5 Proz., der Aschengehalt 15—25 Proz. betragen, die Asche darf nur geringe Mengen von Kochsalz enthalten und der Hauptsache nach aus Phosphaten bestehen. In 80 volumprozentigem Alkohol sollen etwa 60 Proz. des Extraktes löslich sein. Diese Forderungen werden in den Vereinbarungen für das Deutsche Reich erweitert und auch auf flüssige Extrakte ausgedehnt. Demnach dürfen die Extrakte keine oder nur Spuren von unlöslichen oder koagulierbaren Eiweißstoffen (Fleischmehl, Albumin usw.) oder Fett enthalten. Von dem Gesamtstickstoff dürfen nur geringe Mengen in Form von durch Zinksulfat fällbaren Eiweißstoffen vorhanden sein, die Extrakte dürfen ferner nur geringe Mengen Ammoniak enthalten. Extrakte, welche in der Asche einen 15 Proz. Chlor übersteigenden Kochsalzgehalt besitzen, sind als solche zu bezeichnen, die einen Kochsalzzusatz erhalten haben.

Fleischpeptone sollen keine oder nur Spuren von unlöslichen und koagulierbaren Eiweißstoffen und Fett enthalten. Der Stickstoff derselben

soll möglichst vollkommen durch Phosphorwolframsäure fällbar sein, d. h. es sollen möglichst geringe Mengen von stickstoffhaltigen Fleischzersetzungsprodukten vorhanden sein. Für den Gehalt an Ammoniak gilt dasselbe wie bei Fleischextrakt.

Was endlich die Proteinnährmittel und Würzen anbelangt, so ist von diesen zunächst Unverdorbenheit zu verlangen, sowie ein zu ihrem wirklichen Wert nicht in zu argem Mißverhältnis stehender Preis, wobei der diätetische Wert der löslichen Eiweißstoffe zu berücksichtigen ist.

Literatur:

1) Gg. Schneidemühl, Die animalischen Nahrungsmittel; Urban & Schwarzenberg, Berlin u. Wien 1903, S. 107 u. 108.
2) C. Voit, Unters. der Kost in einigen öffentlichen Anstalten. München, R. Oldenburg 1877.
3) Schneidemühl, siehe oben, S. 103.
4) J. König, Chem. d. Nahrungsm. 1904. J. Springer, Berlin. 4. Aufl. Bd. **2**, S. 492.
5) Ebenda 1903, Bd. **1**, S. 2 ff.
6) Siehe O. Cohnheim, Chem. d. Eiweißkörper, II. Auflage, Braunschweig 1904, S. 160 usw.
7) Ebenda S. 183.
8) Zeitschr. f. Biolog. 1896, **34**, 268.
9) Maly, Jahresber. d. Tierchemie 1893, **23**, 360; siehe auch Cohnheim, Eiweißkörper S. 189.
10) Z. f. physiol. Chem. 1900, **31**, 338; Hofmeister, Beiträge 1902, **2**, 143.
11) Siegfried, Über Fleischsäure. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1894, S. 401; Zur Kenntnis d. Phosphorfleischsäure. Z. f. physiol. Chem. 1895, **21**, 360; 1897, **22**, 575; Über Antipeptone. Ebenda 1899, **27**, 335.
12) Siehe auch Cohnheim, Eiweißkörper S. 102.
13) Eine Zusammenstellung der zahlreichen Arbeiten von Küster, Nencki, u. a. siehe Cohnheim, Eiweißkörper S. 254.
14) Böhm, Pflügers Arch. 1880, **23**, 44; 1889, **46**, 256; Demant, Z. f. physiol. Chem. 1879, **3**, 388; Siegfried, ebenda 1895, **21**, 360; 1897, **22**, 575.
15) Chem. Briefe 1865, S. 314; siehe auch Anal. d. Chemie, Bd. **62** u. **146**, S. 253 u. 186.
16) Über die Verluste des Fleisches beim Kochen. Grindley u. Majonnier, Chem.-Ztg. 1904, **28**, Rep. 307.
17) Brieger, Über Ptomaine. Berlin 1885 u. 1886.
18) Selmi, Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 1873, **6**, 142; 1878, **11**, 808 u. 1838.
19) Zeitschr. f. Hyg. u. Infekt. 1897, **26**, 1.
20) Kißkalt, Arch. f. Hyg. 1899, **35**, 11; Haldane, Journ. of Hyg. 1908, **1**, 115; Hyg. Rundschau 1902, **12**, 348.
21) Voit, Zeitschr. f. Biolog. 1879, **15**, 493; Polenske, Arb. d. K. G.-A. 1894, **9**, 126; Nothwang, Arch. f. Hyg. 1893, **16**, 80.
22) König, Menschl. Nahrungs- u. Genußmittel 1904, II, 555, 550, 544, 533.
23) A. Jolles, Nährpräparate. Z. landw. Versuchsst. Österr. 1904, **7**, 515; W. Wintgen, Neue Nährmittel aus Pflanzenprotein. Z. Unters. N. 1902, **5**, 289.
24) O. Kellner, Chem.-Ztg. 1895, **19**, 97 u. 120; und H. C. Prinsen-Gerligs, Chem.-Ztg. 1896, **28**, 67.
25) Siehe auch Vereinbarungen z. einheitlichen Untersuchung u. Beurteilung v. Nahrungs- u. Genußmitteln f. d. Deutsche Reich. Jul. Springer, 1897.
26) Arch. ges. Physiol. 1895, **70**, 1095; Hilger, Vierteljahrsschr. 1895, **10**, 321; siehe auch Steil, ebenda S. 343 bez. 321.
27) W. Niebel, Zeitschr. f. Fleisch- u. Milchhyg. 1891, **1**, 185, 210; R. Külz, Z. f. Biolog. 1886, **22**, 161; E. Brücke, Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss. 1894, II. Abt. **63**. Buyard u. Mayrhofer, Forschungsber. 1896 u. 1897.
28) Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhyg. 1801, **1**, 185—210.
29) Z. f. anal. Chem. 1894, **33**, 98.
30) Hasterlik, Arch. f. Hyg. 1893, **17**, 441.
31) Besondere Beilage z. d. Veröffentl. d. Kaiserl. Ges.-Amts 1909, H. **1**, 43; Ausführungsbest. A—F z. R.-G. 3. Juni 1900, betreff. Schlachtvieh- u. Fleischbeschaugesetz z. Z. geltende Bestimmungen.

32) Die Rotlaufimpfanstalt d. Landwirtschaftskammer f. d. Provinz Brandenburg in Prenzlau u. d. Kaiserl. Gesundheitsamt liefern Pferdeserum, 1 ccm einschl. Glas 2 Mk.
33) Technik u. Methodik d. biologischen Verfahrens zum Nachweis von Pferdefleisch von Uhlenhuth, Weidanz u. Wedemann. Arb. d. Kaiserl. Gesundheitsamts 1900, 28, 3. Heft, hier auch ausführliche Literaturangaben; siehe auch Uhlenhuth, Über Entwicklung u. jetzigen Stand der biologischen Blutdifferenzierung. Beihefte zur med. Klinik 1907, 3, Heft 9.
34) Z. U. N. 1901, 3, 19.
35) Arch. wissensch. u. prakt. Tierheilk. 1891, 17.
36) Z. f. Fleisch- u. Milchhyg. 1899, 9, 83.
37) Vereinbarungen f. d. Deutsche Reich, I. Heft, S. 36; Hoppe-Seyler, Handb. d. physiol.-patholog.-chem. Analyse.
38) Unters. über Ptomaine. Berlin 1886, 3. Heft.
39) Deutsche med. Wochenschr. 1885, Nr. 53.
40) Besondere Beilage z. d. Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamts 1909, Nr. 1, 1—60.
41) Tiemannn-Gärtner, Handb. z. Unters. u. Beurteilung d. Wassers 1895, S. 154, 4. Aufl.
42) Chem. Zentralbl. 1889, II, 926.
43) Landw. Versuchsst. 1892, 41, 165; siehe auch König, Die menschl. Nahrungs- u. Genußmittel 1883.
44) Farnsteiner, Z. U. N. 1905, 10, 329; und W. Stüber, ebenda S. 330.
45) Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 1905, 38, 856.
46) Zeitschr. f. analyt. Chem. 1909, 48, 545.
47) Klinger u. Buyard, Z. f. angew. Chem. 1891, 515.
48) Bremer, Forschungsber. 1897, 4, 45.
49) Mayrhofer, Forschungsber. 1896, 3, 141; 1897, 4, 48; Buyard, ebenda 1897, 4, 17.
50) Zeitschr. f. Unters. v. Nahrungs- u. Genußmitteln 1901, 4, 1101.
51) Arb. d. Kaiserl. Gesundheitsamts 1906, 24, 576.
52) Zeitschr. f. Unters. v. Nahrungs- u. Genußmitteln 1909, 17, 191.
53) Bekanntmachung, betreff. gesundheitsschädliche u. täuschende Zusätze zu Fleisch und deren Zubereitungen. R.-G.-Bl. 4. Juli 1908, S. 470.

Eier.

Als Nahrungsmittel finden Verwendung Vogeleier, Fischeier und die Eier der Schildkröten.

Unter den Vogeleiern sind es hauptsächlich die Eier der Haushühner, während den Eiern anderer Vögel (Gans, Ente, Seevögel usw.) eine untergeordnete Bedeutung zukommt. Obgleich für jede Vogelart von verschiedener Größe, sind die drei Hauptbestandteile des Eies: Schale, Eiweiß und Eigelb in allen Eiern in annähernd denselben Prozentmengen vorhanden; es beträgt das Gewicht der Schale 10—12 Proz., des Eiweißes 50—56 Proz., des Eigelbes 30—40 Proz. Die Schalen bestehen zu 89—97 Proz. aus kohlensaurem Kalk und enthalten neben 2—5 Proz. organischer Substanz auch kleine Mengen von Kalzium- und Magnesium-Karbonat und Phosphat. Die chemische Zusammensetzung des Eiinhaltes verschiedener Vögel ist, wie zahlreiche Analysen beweisen, ziemlich gleichartig. Die frische Eisubstanz enthält 69—74 Proz. Wasser, 10,7—13,8 Proz. Stickstoffsubstanz, 11—15 Proz. Fett, 0,3—2,4 Proz. stickstofffreie Substanz und 0,9—1,1 Proz. Asche. Da auch Eiweiß und Eigelb aller Vögel ähnliche Übereinstimmung aufweisen, so ist die mittlere Zusammensetzung beider Eibestandteile durch folgende Zahlenwerte allgemein charakterisiert:

	Wasser	Stickstoffsubstanz	Fett	Stickstofffreie Substanz	Asche
Eiweiß	86,4	11,7	0,7	1,0	0,7
Eigelb	47,3	16,8	33,7	0,4	1,1

Die Trockensubstanz des schwach alkalischen Eiweißes besteht fast ausschließlich aus Albumin, Eiglobulin und Eimukoid. Das Ovalbumin, das von Hofmeister [1] durch langsames Verdunsten einer Lösung desselben mit einer halbgesättigten Ammonsulfatlösung kristallisch erhalten wurde, scheint keine einheitliche Substanz zu sein, da Gerinnungstemperaturen, Drehungsvermögen und Löslichkeit im Wasser derartige Abweichungen aufweisen, daß auf die Gegenwart verschiedener Modifikationen geschlossen werden kann.

Das Eiglobulin scheidet sich beim Verdünnen des Eiereiweißes mit Wasser aus, es gleicht dem Serumglobulin, seine Menge beträgt etwa 7 Proz. Das Mukoid ist ein phosphorfreies Glukoproteid, es gibt beim Kochen mit Säuren neben einem Protein noch ein reduzierendes Kohlehydrat. Da das Eiweiß mit Säure gleichfalls vom Zucker abspaltet, so ist es nicht ausgeschlossen, daß diese Reaktion auf die Gegenwart des Mukoides zurückzuführen ist. Neben diesen Eiweißkörpern sind noch kleine Mengen von Fett, Seifen, Lezithin und Cholesterin und Mineralbestandteilen vorhanden. Nach Pollack und Weber [2] enthält die Asche des Eiweißes 27—31 Proz. K_2O, 23—33 Proz. Na_2O, 1,7—2,9 CaO, 1,7—3,1 MgO, 0,4—0,5 Fe_2O_3, 23,8—28,8 Cl, 3,1—4,8 P_2O_5, 1,3—2,6 SO_3, 0,2—2,0 SiO_2 und 9,7—11,6 CO_2, besteht also der Hauptsache nach aus Alkalichloriden.

Das Eigelb (Eidotter), eine alkalisch reagierende Emulsion, ist weitaus komplizierter zusammengesetzt als das Eiweiß. Es enthält als den wichtigsten Proteinstoff das Vitellin, ein Globulin, das in kochsalzhaltiger Lösung zwischen 70 und 75° gerinnt. (Da bei der Pepsinverdauung ein Pseudonuklein entsteht, so könnte das Vitellin auch ein Nukleoalbumin sein). Außerdem ist noch etwas Albumin, und ein eisenhaltiges Nuklein, das eine dem Blutfarbstoff ähnliche Zusammensetzung besitzt und Hämatogen genannt wird, vorhanden. Auch das phosphorhaltige Protagon der Gehirnsubstanz, welches bei seiner Zersetzung Cerebrin und Lezithin liefert, soll im Eidotter vorkommen.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil ist das Lezithin, auch Protagon genannt, welches im Eigelb mit dem Eiweiß z. T. verbunden zu sein scheint, da durch Extraktion mit Äther die Gesamtmenge des Lezithins nicht erhalten werden kann, wohl aber durch Kochen mit Alkohol, wobei unter Koagulation des Vitellins sämtliches Lezithin in Lösung gebracht wird.

Neben dem Lezithin findet sich im Ätherextrakt immer sein Zersetzungsprodukt, die Glyzerinphosphorsäure $[C_3H_5 \cdot (OH)_2 \cdot OPO_3H_2]$ und das Fett des Eidotters, das Eieröl. Dieses besteht im wesentlichen aus Triglyzeriden der Olein-, Palmitin- und Stearinsäure, und vom Fette eingeschlossen außerdem noch Cholesterin, dessen Menge im Eieröl von Bömer [3] bis zu 4,5 Proz. gefunden wurde.

Die beiden Farbstoffe des Eigelbs (Eigelb und Eirot) gehören zur Klasse der Luteine oder Lipochrome.

Die Mineralstoffe sind vorwiegend Alkaliphosphate, sie bestehen aus 8,9—10,9 Proz. K_2O, 5,1—6,6 Proz. Na_2O, 12,2—13,2 CaO, 2,0—2,1 MgO, 1,1—1,4 Fe_2O_3, 62,8—66,7 P_2O_5, und 0,5—1,4 SiO_2. In der sauer reagierenden Asche findet sich der Gesamtphosphorsäuregehalt des Eigelbs nicht vor, da beim Veraschen ohne Zusatz von Soda und Salpeter ganz erhebliche Verluste eintreten. In der mit Soda und Salpeter hergestellten Asche fand Juckenack [4] 1,279 g P_2O_5, gegen 0,673 P_2O_5, in der ohne Zusatz herge-

stellten Asche. Nur 20 Proz. der Phosphorsäure sind im Eidotter in unorganischer Bindung.

Der in Wasser lösliche Teil des Eigelbs soll neben Eiweiß und Salzen etwas Dextrose enthalten.

Gobley und Loebisch haben für die Einzelbestandteile des Eigelbes folgende Werte ermittelt:

Wasser	51,8	Glyzerinphosphorsäure	1,2
Vitellin	15,8	Lezithin	7,2—8,4
Nuklein	1,5	Cerebrin	0,3
Palmitin, Stearin, Olein	20,3—23,2	Farbstoffe	0,5
Cholesterin	0,4	Salze	1,0—1,5

Verderben der Eier und Aufbewahrung. Das Verderben der Eier kann durch Wasserverdunstung, durch Fäulnisbakterien und Schimmelpilze herbeigeführt werden. Schimmelpilze und Bakterien dringen von außen durch die poröse Schale ein, die Bakterieninfektion hat meist bereits im Eileiter stattgefunden, doch soll auch die Einwanderung von Fäulnis-, Typhus- und Cholerakeimen durch die unverletzte Schale beobachtet worden sein [5]. Die Erhaltungsverfahren bezwecken daher Wasserverdunstung und Infektion abzuhalten.

1. durch Einlegen der Eier in Asche, Häcksel, Kleie usw.;

2. durch Einlegen in Lösungen von Kochsalz, Salizylsäure, Wasserglas oder in Kalkwasser. Da hierbei ein Eindringen der Lösung in das Innere und dadurch Geschmacksbeeinflussung nicht ausgeschlossen ist, so ist dieses Verfahren wenig empfehlenswert;

3. durch Anwendung antiseptischer Mittel. Bestreichen der Schale mit Salizylsäure, Borsäure, Alaun, Kaliumpermanganat (letzteres zu empfehlen), Abtrocknen und Aufbewahren an einem trockenen, sauberen Ort, und

4. durch Verschließen der Poren der Schale durch Überziehen mit Wasserglas, Paraffin, Vaselin, Lack, Kollodium usw.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß derart konservierte Eier vielfach an Geschmack einbüßen, sich nicht frisch erhalten und auch sonst mancherlei kleine Mängel aufweisen. So soll die Schale der Kalkeier beim Kochen platzen, das Eiweiß der in Kalkwasser gelegenen Eier soll sich nicht zu Schnee schlagen lassen usf.

Eierkonserven werden hergestellt durch vorsichtiges Eintrocknen der Eisubstanz in dünner Schicht auf Platten, das, um Gerinnung zu verhüten, bei niederer Temperatur, höchstens 60^{0}, ausgeführt werden darf. Ihre Zusammensetzung nähert sich ihrem geringen Wassergehalt entsprechend und abgesehen von einem etwaigen Kochsalzzusatz der Zusammensetzung der Eitrockensubstanz.

Untersuchung und Beurteilung.

Frische Eier sind gegen das Licht betrachtet gleichmäßig durchscheinend, alte, bebrütete Eier zeigen dagegen dunkle Flecken. (Ovoskop.) Lang gelegene Eier, deren Inhalt durch Wasserverdunstung sich verringert hat, schwappen beim Schütteln. Das spezifische Gewicht frischer Eier liegt zwischen 1,078 und 1,090, es wird durch Wasserverdunstung vermindert, Eier mit 1,05 sind sicher mehrere Wochen alt, solche mit 1,015 durch Fäulnis verdorben. Die Schwimmprobe der Eier wird daher zweckmäßig mit einer 10prozentigen Kochsalzlösung, spezifisches Gewicht 1,073, angestellt.

Die chemische Untersuchung des getrockneten Eiweißes, welches ein dem arabischen Gummi ähnliches Aussehen besitzt (kommt auch gepulvert im Handel vor), in Wasser zu einer trüben Flüssigkeit sich löst, die beim Kochen nach dem Ansäuern koagulieren muß, erstreckt sich auf die Feststellung des Gehaltes an Wasser, Asche, Stickstoff (nach Kjeldahl), an Ätherextrakt (Extrahieren der mit Gips eingetrockneten Substanz) und auf den Nachweis etwa zugesetzter fremder Stoffe (unlösliche Bestandteile, Fibrin, Gummi, Dextrin, Gelatine usw.). Fibrin ist sowohl in Wasser wie in verdünnter Essigsäure (30 Proz.) unlöslich, reines Eiweiß dagegen vollkommen löslich. Die Prüfung auf Gummi, Dextrin, Gelatine usw. erfolgt durch Bestimmung der Jodabsorption. Der Nachweis von Konservierungsmitteln geschieht nach den üblichen Methoden, Beimischung von Mehl und ähnlichen mittels mikroskopischer Untersuchung. Die Untersuchung des Eigelbes, welches wie das Eiweiß auch zu technischen Zwecken verwendet wird, erstreckt sich meistens nur auf die Feststellung des Wasser- und Fettgehaltes (Trocknen der mit Sand, Extrahieren der mit Gips gemischten Substanz), der Stickstoffsubstanzen, auf den Nachweis von Konservierungsmitteln (hauptsächlich Borsäure) und fremder Zusätze (Mehl usw.) und den Kochsalzgehalt der Asche.

Das Eiweiß soll nicht mehr als 5 Proz. unlösliche Bestandteile, nicht mehr als 6 Proz. Asche erhalten und das Jodabsorptionsvermögen auf wasserfreies Eiweiß berechnet 140—190 betragen [6].

Fischeier, Rogen (Kaviar). Unter der Bezeichnung Kaviar kommen die von Häuten und Fasern befreiten, eingesalzenen Eier vom Stör, Hausen, Sterlet, aber auch anderer Fische in den Verkehr. Man unterscheidet körnigen oder flüssigen Kaviar und gepreßten Kaviar, je nach der Herstellung, russischen, deutschen und amerikanischen Kaviar nach der Herkunft. Der flüssige oder körnige Kaviar, wie er fast ausschließlich in Deutschland verbraucht wird, ist der eingesalzene, von Häuten und Fasern befreite Rogen, von welchem man die Salzlake frei ablaufen läßt, die Eier sind daher ganz, nicht zerdrückt. Der gepreßte Kaviar wird durch Pressen von der Lake befreit, er ist trockener und enthält etwa 25 Proz. zerdrückte Eier.

Die beste Sorte ist der russische Astrachankaviar, der aus dem Rogen von Stör, Hausen und Sterlet im Gebiete der unteren Wolga, des Kaspischen Meeres und des Uralsees gewonnen wird, er ist grobkörnig. Der Elbkaviar wird aus den kleinen Eiern des Störs, aber auch anderer Fische hergestellt. Er ist minderwertiger als der russische, sowohl in äußerer Beschaffenheit (schleimig) als Geschmack.

Der amerikanische aus dem Alaska- und Oregongebiet ist dem deutschen gleichzusetzen, er enthält wie dieser mehr freie Fettsäuren als der russische und zeichnet sich gleich dem deutschen Kaviar durch einen sauren, scharfen Geschmack aus.

Nach König [7] besitzt der körnige und gepreßte Kaviar folgende Zusammensetzung:

	Wasser	Stickstoffsubstanz	Fett	Stickstofffreie Substanz	Asche	Kochsalz
Körniger Kaviar . .	47,86	29,34	13,98	1,30	7,42	6,08
Gepreßter Kaviar . .	37,79	38,01	15,52	1,08	7,60	6,22

Als Verfälschungen [8] des Kaviars werden angegeben Zusätze von Öl und Sago. Die Untersuchung hat sich in erster Linie auf Aussehen, Geruch und Geschmack zu erstrecken. Kaviar muß neutrale Reaktion besitzen, der Gehalt an freien Fettsäuren soll 0,5 Proz. als Ölsäure berechnet nicht überschreiten. (Russischer Kaviar enthält im Maximum 0,5 Proz. [9].)

Literatur:

1) Zeitschr. physiol. Chem. 1889, **14**, 163.
2) Hoppe-Seyler, Lehrb. d. Physiol. Chem.
3) Z. U. N. 1898, **1**, 81; siehe auch Eigenschaften des Eieröles.
4) Z. U. N. 1899, **2**, 905.
5) Wilm, Arch. f. Hyg. 1895, **23**, 145; Zörkendörfer, ebenda 1893, **16**, 373; Piorkowski, ebenda 1895, **25**, 145; Lange, R., ebenda 1907, **62**, 201; Sachs-Müke, ebenda S. 229.
6) K. Dietrich Helfenberg, Pharm. Ztrbl. 1897, **38**, 224; Hilger, Viertelj. 1897, **12**, 161.
7) König, Chemie d. menschl. Nahrungs- u. Genußm. 1904, II, 572.
8) Janke, Zeitschr. Nahrungsm.-Unters.-Hyg. 1894, **8**, 40.
9) W. Niebel, Zeitschr. f. Fleisch- n. Milchhyg. 1893, **4**, 5 u. 21.

Milch.

Unter Milch versteht man eine im Euter der weiblichen Säugetiere zur Absonderung gelangende Flüssigkeit. Die Annahme, daß die Milch einfach ein Ausscheideprodukt aus dem Blute sei (Kemmerich und Zahn), oder daß die weißen Blutkörperchen (Lymphkörperchen) das Material für die Bildung der Milch liefern (Rauber), widerspricht der Tatsache, daß trotz der wechselnden Zusammensetzung des Blutes, die durch die Ernährung bedingt ist, die Zusammensetzung der Milch eine gleichbleibende ist, daß Hauptbestandteile der Milch, wie Fett und Milchzucker, im Blute nicht vorkommen, und daß in der Milch vorwiegend Kalisalze, im Blute dagegen vorwiegend Natronsalze enthalten sind. Voit und Fürstenberg betrachten die Milch daher als Zerfallsprodukte der Milchdrüse, welche sich aus den Blutbestandteilen aufbaue und unter fettiger Degeneration zerfalle. Diese Erklärung wird auch durch die Beobachtung gestützt, daß in der kurz vor oder nach der Geburt abgesonderten Milch (Colostrum) tatsächlich im Zerfall begriffene Drüsenzellen vorkommen. Nach Heidenheim sollen nur die in die Aveole hineinragenden Zellen degenerieren, bei deren Zerfall das Fett frei wird, während gleichzeitig eine fortwährende Neubildung der abgestoßenen Zellen stattfindet. Martiny kann diese Erklärung nicht zutreffend finden. Die Tagesleistung einer Kuh mit 20 Liter Milch entspricht der Produktion von etwa 2,5 kg Trockensubstanz. Ein solcher Milchmenge entsprechendes Kuheuter enthält aber nur 1,25 kg Trockensubstanz; es müßte sich daher die gesamte Drüsenmasse täglich zweimal erneuern, was ganz unwahrscheinlich ist. Martiny nimmt daher an, daß nur ein Teil der Milchdrüse zerfalle, die größere Menge der Milch aber dem Euter durch die Arteria pudenda zugeführt werde, mit deren Unterbindung auch tatsächlich, wie Röhrig [1] nachgewiesen hat, die Milchsekretion aufhört.

Eigenschaften. Die Milch ist eine weiße bis schwach gelbgefärbte (Grünfutter), durch suspendierte Fettkügelchen und in kolloidaler Lösung befindliches Kasein trübe undurchsichtige Flüssigkeit. Das spezifische Gewicht der Milch ist größer als das des Wassers (Max. 1,040), die spezifische Wärme dagegen kleiner, etwa 0,8. Die Viskosität ist gleichfalls größer als die des Wassers, und ganz besonders von dem Quellungszustand des Kaseins abhängig, der um so unvollkommener ist, je weniger Kalziumphosphat in der

Milch vorhanden ist. Die Zähflüssigkeit ist von Bedeutung für die Geschwindigkeit des Aufrahmens, das um so rascher vor sich geht, je geringer der innere Reibungswiderstand der Milch ist. Der Siedepunkt der Milch liegt etwa bei 101°, der Gefrierpunkt bei 0,54—0,58 (Beckmann). Diese Konstanz kann zum Nachweis der Wässerung der Milch benutzt werden. Die elektrische Leitfähigkeit entspricht einem Widerstand von 220 Ohm, der Brechungsindex ganzer Milch beträgt 1,344—1,351, das spezifische Gewicht der verschiedenen Milchsorten schwankt zwischen ziemlich weiten Grenzen, das der Kuhmilch etwa zwischen 1,029 und 1,035.

Chemische Zusammensetzung. Die Milch besteht der Hauptsache nach aus Wasser, Eiweißstoffen, Fett, Milchzucker und Salzen; frisch gemolkene Milch enthält außerdem noch etwas freie Kohlensäure (7,5 Proz. (Pflüger)), 0,1 Proz. Sauerstoff und 0,7 Proz. Stickstoff. Die Reaktion der Milch ist amphoter, d. h. sie reagiert gegen rotes Lackmuspapier alkalisch, gegen blaues sauer. Diese Erscheinung ist veranlaßt durch die Anwesenheit primärer und sekundärer Alkaliphosphote [2]. Solche amphoter reagierende Milch gerinnt nicht beim Kochen.

a) Die Eiweißkörper der Milch bestehen aus Kasein, Albumin und einem Laktoglobulin. Das Kasein, ein Nukleoalbumin (phosphorhaltig) befindet sich in der Milch nicht in gelöstem, sondern gequollenem Zustande, es bleibt mit dem Fett auf der Oberfläche poröser Tonplatten zurück, während die wirklich gelösten Bestandteile: Zucker und Salze, eindringen, filtrieren [3]. Es ist in Wasser und verdünnten Säuren unlöslich, besitzt den Charakter einer mehrbasischen Säure, seine Alkalisalze sind in Wasser löslich (Kaseinnatrium = Nutron usw.). In der Milch ist es als Kasein-Kalzium [4] vorhanden oder wird durch Kalk oder Kalziumphosphat in gequollenem Zustande erhalten [5]. Kasein-Kalziumlösungen bilden beim Kochen eine Haut, auf Zusatz von Säuren scheidet sich Kasein aus diesen Lösungen aus (Säure-Kasein), dasselbe geschieht beim Sauerwerden der Milch (Milchsäurebildung). Beide Abscheidungen sind identisch, aber nicht gleich dem durch Lab abgeschiedenen Kasein (Labkasein), welche Abscheidung nur bei Gegenwart von Kalksalzen erfolgt. In einer kalksalzfreien Lösung gerinnt das Kasein durch Lab nicht, es wird aber durch enzymatische Wirkung des Lab verändert und gerinnungsfähig gemacht, da nach Zerstörung der Enzyme auf Zusatz von Kalk sofort Gerinnung erfolgt. Der komplizierte Vorgang der Labgerinnung läßt sich also so auffassen, daß der Kalk nur die Ausfällung des durch die Enzymwirkung veränderten Kaseins bewirkt [6] und die Veränderung des Kaseins in einer Spaltung des neutralen Kalzium-Kaseins in das unlösliche Parakasein und in einen leicht löslichen, den Albuminen ähnlichen Körper, Molkeneiweiß genannt, besteht. Nach der Labgerinnung enthält die Flüssigkeit an Eiweißkörper nur das Molkeneiweiß und geringe Mengen von Laktoalbumin und Laktoglobulin, beides Substanzen, die nach Zusammensetzung und Verhalten mit dem Serumalbumin und Serumglobulin große Übereinstimmung besitzen [7]. Das Molkenprotein wird erhalten durch Kochen der von der Labfällung befreiten Milch; das Laktoglobulin aus der durch Aussalzen mit Kochsalz vom Kasein befreiten Lösung durch Fällung mit Magnesiumsulfat, und das Laktoalbumin endlich in der Weise, daß zunächst mit Ammonsulfat sämtliche Eiweißkörper ausgesalzen und von der übrigen Milch getrennt werden. Aus der wässerigen Lösung derselben wird mit Kochsalz das Kasein, mit Magnesiumsulfat das Globulin

und endlich im Filtrat hiervon mit Essigsäure das Laktoalbumin ausgefällt. Ob, wie manche Forscher annehmen, noch andere Eiweißkörper, wie Peptone, in der Milch vorhanden sind, ist unentschieden; nicht ausgeschlossen ist aber, daß es sich hierbei um das Molkenprotein oder um Umwandlungsprodukte der anderen bereits erwähnten Proteine handelt.

Nukleon oder Phosphorfleischsäure, die aber nicht mit der Phosphorfleischsäure der Muskeln identisch ist, wurde von Siegfried [8] als ein Bestandteil der Milch (0,06—0,1 Proz.) nachgewiesen. Sie liefert bei der Spaltung neben einer Fleischsäure Gärungsmilchsäure. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß diese Fleischsäure (Orylsäure) ebenfalls als ein Gemisch verschiedener aus den Kaseinen entstandenen Zersetzungsprodukten zu betrachten ist. Zu erwähnen ist noch die von Biocaro und Belloni isolierte Orotsäure [9] (ein Ureid) von der Formel $C_5H_4N_2O_4$. Außerdem sind Harnstoff, Kreatinin, Kreatin und Lezithin in kleinen Mengen in der Milch nachgewiesen worden.

b) Fett. Das Fett ist in der Milch in Form mikroskopisch feiner Tröpfchen vorhanden, deren Größe nach Rasse, Laktationszeit usw. etwas verschieden ist*), die aber in ihrer chemischen Zusammensetzung keinerlei Unterschiede aufweisen [10]. Das spezifische Gewicht bei 15° liegt zwischen 0,9228 und 0,9369. Da durch Ausschütteln mit Äther nicht die Gesamtmenge des Fettes in Lösung gebracht werden kann, auch die Vereinigung der Fettkügelchen zu Butter einer mechanischen Bearbeitung bedarf, so nahm man an, daß die einzelnen Fetttröpfchen in eine zarte Kaseinhaut eingeschlossen seien, die durch die Bearbeitung erst zerrissen werden müsse. Nachdem aber Soxhlet [11] nachgewiesen hatte, daß mittels Äther-Alkoholmischung (3:1) der Milch alles Fett entzogen werden kann, was nicht eintreten könnte, wenn eine Kaseinhaut das Fett einschlösse, weil das Kasein in Alkohol unlöslich ist, so ist vielmehr anzunehmen, daß um die Fettkügelchen herum die Flüssigkeit durch Molekularattraktion verdichtet ist. Der Alkohol verändert den Quellungszustand der Lösung, wodurch die Emulsion aufgehoben wird und der Äther zum Fett gelangen kann. Künstliche Emulsionen aus Alkalialbuminat und Öl zeigen genau das gleiche Verhalten. Die Milch ist eine Emulsion.

Das Fett der verschiedenen Milcharten besitzt im wesentlichen ähnliche Zusammensetzung; es besteht aus den Triglyzeriden der Fettsäuren und der Ölsäure. Von Fettsäuren, die je nach der Tierart in verschiedenen Mengen im Fett enthalten sind, wurden bisher nachgewiesen: Ameisensäure, Buttersäure, Essigsäure, Kapron-, Kapryl- und Kaprinsäure, Myristinsäure, Palmitin-, Stearin- und Arachinsäure und zwar beträgt die Menge der Glyzeride der höheren Fettsäuren etwa 90—93 Proz., die der niederen (flüchtigen) Säuren etwa 7—8 Proz. Böhmer hat außerdem noch 0,3—0,4 Proz. Cholesterin [12] und Burrow [13] 0,05—0,06 Proz. Lezithin nachgewiesen.

c) Stickstofffreie organische Bestandteile. Neben Milchzucker (Laktose), $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$, diesen wichtigen Milchbestandteil kommen, andere Kohlenhydrate in bemerkenswerter Menge nicht vor. Ritthausen [14], ebenso Blyth und Bechamp [15] haben geringe Mengen eines dextrinähnlichen und Herz [16] Spuren eines stärkeähnlichen, bei 100° noch verkleisterbaren Kohlenhydrats nachgewiesen.

*) Frauenmilch 1—20 μ, Kuhmilch 0,2—10 μ, Schafmilch bis 30 μ.

Milchsäure in geringen Mengen (0,2 Proz.) soll nach Bechamp in frischer Milch gesunder Tiere vorkommen, was aber Henkel bestreitet. Dagegen haben Henkel und Soxhlet [17] in der Kuhmilch, Scheibe [18] auch in Ziegenmilch Zitronensäure nachgewiesen und in Kuhmilch bis 0,5 gr im Liter gefunden. Die Frage, ob die Säure durch Darmgärung erzeugt wird oder im Futter vorhanden ist (Soxhlet und Henkel), oder als ein in der Milchdrüse gebildeter Milchbestandteil anzusehen ist, scheint im letzteren Sinn zu beantworten zu sein, da durch Zusatz von Zitronensäure zum Futter eine Vermehrung in der Milch nicht zu beobachten ist (Scheibe).

d) Mineralbestandteile. Die Asche der Milch enthält Kalium, Natrium, Kalzium, Magnesium, Eisen, Chlor und Phosphorsäure. Das Chlor dürfte vorwiegend an Natrium, die Phosphorsäure an Kalium und Kalzium gebunden sein. Söldner schließt aus seinen Untersuchungen, daß etwa 53—72 Proz. des Kalziums und 36—56 Proz. der Phosphorsäure in kolloidalem Zustande in der Milch enthalten sind. Nach Analysen von König [19], Schrott [20] und Fleischmann [21] enthält die Milchasche: K_2O 23,5—25,4; Na_2O 8,18—11,4; CaO 21,4—22,5; MgO 2,54—2,84; Fe_2O_3 0,1—0,3; SO_3 2,5—4,1; P_2O_5 24,1—27,6; Cl 13,9—15,0. Normale Milchasche enthält nur Spuren, höchstens 2 Proz. CO_2.

Zusammensetzung der Milcharten. 1. Kuhmilch. Der Gehalt der Kuhmilch an den oben besprochenen Einzelsubstanzteilen ist von verschiedenen Verhältnissen abhängig, die für die Beurteilung der Milch von großer Wichtigkeit sind und von der Nahrungsmittelkontrolle eingehend berücksichtigt werden müssen.

a) Einfluß der Laktationsperiode. Während der Laktationsperiode d. i. die Zeit zwischen dem Beginn der Milchabsonderung, die meist unmittelbar vor oder nach dem Kalben eintritt und dem Versiegen der Milch (durchschnittlich 300 Tage) erleidet die Milch der Menge und Zusammensetzung nach eine Veränderung. In den ersten 4 Wochen (frischmelkend) ist die Milchmenge am größten (bis 19 Liter im Tag), von da an vermindert sich der Milchertrag langsam, bis endlich die Kuh trocken steht. Mit der Abnahme der Milchmenge findet meist eine Zunahme an Trockensubstanz. Fett und fettfreier Trockensubstanz statt. Die einige Tage nach dem Kalben abgesonderte Bistmilch oder Kolostrum unterscheidet sich von der gewöhnlichen Milch schon durch Aussehen und Zusammensetzung. Sie ist dickflüssig, gelb gefärbt, reagiert nicht amphoter, sondern alkalisch oder sauer, der Fettgehalt ist normal, der Gehalt an Trockensubstanz dagegen fast doppelt so groß als der gewöhnlicher Milch, veranlaßt durch eine außerordentliche Zunahme des Globulins, dessen Menge 2—4mal so groß werden kann als die des Kaseins, welches eine wesentliche Vermehrung nicht erfahren hat. Auf die im Kolostrum auftretenden Kolostrumkörperchen (kernhaltige, granulierte Zellen mit zahlreichen Fettkügelchen) wurde bereits bei Besprechung der Milchbildung hingewiesen. Die Dauer der Abscheidung des Kolostrums kann nach Individualität und Anzahl der bereits vorhergegangenen Kalbungen 8—14 Tage dauern. Eugling [22] ermittelte die Zusammensetzung des Kolostrums von 22 Kühen. Er fand im Mittel: spez. Gew. 1,068, Trockensubstanz 28,3, Fett 3,37, Kasein 4,83, Albumin 15,83, Zucker 2,48, Asche 1,78.

b) Einfluß der Brunst. Nach den bisher vorliegenden Beobachtungen äußert sich die Brunst außerordentlich verschieden. Bei manchen Tieren

bewirkt sie eine Verminderung des Milchertrags und des Gehaltes der Milch an Trockensubstanz und Fett, bei anderen eine vorübergehende Erhöhung des Fettgehaltes und Verminderung der Milchmenge, in den meisten Fällen endlich ist aber eine nennenswerte Änderung nicht bemerkbar (Kühn und Backhaus). Die durch vorübergehende Brunst hervorgerufenen Veränderungen verschwinden aber nach etwa 2 Tagen vollständig, bei fortdauernder Brunst dagegen (Stiersucht-Nymphomanie) scheinen tiefergehende Störungen einzutreten. Schaffer [23] fand in einer solchen Milch 14,78 Proz. Trockensubstanz, 4,5 Proz. Albuminate, 5,7 Proz. Milchzucker. Das spezifische Gewicht war 1,038. Die einzelnen Tiere reagieren außerordentlich individuell. Die Beurteilung einer Milch in Ausübung der Milchkontrolle ist daher bei anormalen oder verdachterregenden Befunden, da der Einwurf der Brünstigkeit sehr oft gemacht wird, dadurch außerordentlich erschwert und nur mit großer Vorsicht durchzuführen. Die ziemlich zahlreichen Mitteilungen über den Einfluß der Brunst (Kühne, Backhaus, v. Klenze, Wychgramm, Fleischmann, Hittcher, Bertozzi und Fascetti) enthalten keine Angaben über die Beeinflussung der für die Beurteilung eines Wasserzusatzes wichtigen fettfreien Trockensubstanz. Die von O. Mezger [24] an 8 Kühen angestellten Beobachtungen bestätigen in erster Linie, daß die Einwirkung individuell ist, daß wohl sprunghafter Wechsel des Fettgehaltes und auch des Säuregrades zu beobachten ist, daß aber die fettfreie Trockensubstanz durch die Brunst in den 8 Fällen nicht beeinflußt worden ist. Die beobachtete Zunahme des Säuregrades steht im Einklang mit der Tatsache, daß die Milch rindender Kühe leicht gerinne, worauf bereits v. Klenze [25] aufmerksam gemacht hatte.

Kastrierte Kühe sollen meistens langmelkend sein (selbst mehrere Jahre), daher einen größeren Milchertrag liefern. Auf die Qualität der Milch aber scheint diese Operation, die ihrer Gefährlichkeit wegen nur selten vorgenommen wird, einen merkbaren Einfluß nicht auszuüben.

c) Einfluß der Rasse, des Alters und des Individuums. Im allgemeinen liefert Niederungsvieh (Holländer, Friesen, Angler usw.) einen größeren Milchertrag als das Höhenvieh (Algäuer, Simmenthaler, Pinzgauer usw.), deren Milch dafür aber fast durchweg reicher an Fett und Trockensubstanz ist, wenngleich auch in dieser Beziehung zahlreiche Ausnahmen bestehen.

In der Regel werden die Kühe im dritten Jahre milchend, das Milcherträgnis steigt dann an, um im 8.—10. Jahr (nach dem 5.—6. Kalb) ihren Höhepunkt zu erreichen und von da an wieder abzunehmen. Gutmilchende Kühe können bis zu 14 Liter im Tag geben, 6—8 Liter ist eine mittlere Milchergiebigkeit. Auch für diese im allgemeinen gültige Regelmäßigkeit gibt es zahlreiche Ausnahmen, die auf die Individualität der Tiere zurückzuführen sind. Dieser kommt überhaupt eine Bedeutung zu, die weit größer ist, als man dies früher annahm und für die Milchkontrolle von Wichtigkeit ist und auf die wir noch wiederholt zurückkommen müssen. Die Unterschiede, die in der Zusammensetzung der Milch einzelner Tiere derselben Rasse trotz gleicher Haltung und Fütterung auftreten, machen sich meist im Gehalt an Fett und Gesamttrockensubstanz geltend, weitaus weniger beeinflußt ist die fettfreie Trockensubstanz.

d) Einfluß des Futters, der Haltung und Pflege. Durch richtige Fütterung, Haltung und Pflege (gute Streu, gelüftete Stallung, zweckmäßige

Bewegung, reinliche Haltung) wird das Allgemeinbefinden der Tiere und damit die Milchproduktion gefördert. Wässeriges Futter (Schlempe, ausgelaugte Rübenschnitzel*), Mangel an Trockenfutter bewirken Zunahme der Milchmenge auf Kosten des Gehalts an Fett und Trockensubstanz, stickstoffhaltiges Trockenfutter dagegen erhöht, wie zahlreiche Fütterungsversuche gezeigt haben, sowohl Menge als Güte der Milch, während einseitige Fütterung mit Kohlenhydraten oder Fett ohne besondere Wirkung ist, wenn nicht, wie Soxhlet [26] hervorhebt, das Fett in leicht aufnehmbarer Form (Emulsion) gegeben wird. Dieser Angabe Soxhlets, die auch von Grimm bestätigt wird, stehen jedoch Beobachtungen anderer Forscher gegenüber. Dieselben Widersprüche bestehen auch in bezug auf den Einfluß der Fütterung mit Palmkern-, Kokos-, Erdnuß- und Baumwollsamenkuchen, durch welche wohl in einzelnen Fällen, nicht aber durchgehend eine Erhöhung des Milchertrags und des Fettgehalts erzielt werden kann.

Futterwechsel veranlaßt immer eine Änderung der Zusammensetzung der Milch, die bei langsamem Übergang kaum, bei raschem Wechsel jedoch rasch, schon nach 3—4 Tagen mehr oder wenig deutlich merkbar wird. Der Übergang von der Stallfütterung zum Weidegang wirkt ebenso, die Milch wird schon in den ersten Tagen aromatischer und gehaltvoller. Im allgemeinen gilt Sommermilch (Grünfutter) als gehaltvoller als Wintermilch. Fleischmann und Hittcher [27] fanden im Mittel aus 12 Jahren und 121—137 Kühe für die Tagesmilch bei Winter- (Stall und Sommerfütterung (Weidegang) Milchmenge 8,99, 9,25 kg, Fett 3,11, 3,27 Proz., Trockensubstanz 11,71, 11,81 Proz., also eine kleine Zunahme im Erträgnis von Fett- und Trockensubstanzgehalt, während 4jährige Beobachtungen in Kiel den Milchertrag im Sommer kleiner finden ließen als im Winter, und Fett- und Trockensubstanz nur bei der Abendmilch eine sichtliche Erhöhung erfahren hatten. Ob bei dem Weidegang durch das Grünfutter aromatische Stoffe in die Milch gelangen, ist noch nicht entschieden. Nach Backhaus [28] sollen ätherische Öle nicht in die Milch übergehen, bekannt jedoch ist der Einfluß des Grünfutters auf die Farbe der Butter (Chlorophyll) und der Einfluß verschiedener Futtermittel auf den Geschmack der Milch.

Bergheu und Berggras machen die Milch aromatisch und fettreich, die Preßrückstände von Palmkern- und Kokosnüssen verleihen Milch und Butter einen angenehmen, Schlempe, Rübenblätter, Rapskuchen dagegen einen unangenehmen Geschmack. Sehr wichtig für die Nahrungsmittelkontrolle ist die Tatsache, daß durch Fütterung die Zusammensetzung der Butter derart beeinflußt wird, daß deren Gehalt an flüchtigen Säuren auf mehr als die Hälfte des normalen herabgedrückt werden kann.

Als gutes Futter für Milchkühe ist Wiesen- und Kleeheu, Grünfutter von guten Wiesen, Klee und Getreide zu nennen. Bei Verfütterung dieser Mittel können Runkelrüben, gekochte Kartoffeln, Biertreber und Malzkeime als Zugabe in mäßiger Menge gegeben werden; rohe Kartoffeln, saure Rübenschnitzel, das Kraut der Rüben und Kartoffeln sind nicht zu empfehlen. Schimmlige, faulige oder in saurer Gärung befindliche Stoffe sollen jedoch niemals als Futter Verwendung finden.

e) Einfluß der Bewegung und Arbeitsleistung. Mäßige Bewegung und Arbeit, durch welche das körperliche Befinden der Tiere (Atmung, Ver-

*) Schlempe, Rückstände von der Spiritusfabrikation, enthält ca. 90 Proz. Wasser.

dauung usw.) befördert wird, übt einen günstigen Einfluß auf die Milchabsonderung aus, und wenn auch damit eine kleine Abnahme der Milchmenge verbunden ist, so gewinnt die Milch durch Zunahme an Fett und Trockensubstanz ganz erheblich an Güte. Nach Versuchen, die in Württemberg [29] angestellt wurden, betrug die Verminderung der Milchmenge 0,7 kg im Tag, die Zunahme des Fettgehaltes 10 Proz. der Milch des ruhenden Tieres, auch der Gesamttrockenrückstand wurde vermehrt, der Gehalt an Milchzucker, Eiweißstoffen und Salzen dagegen zeigten keine nennenswerte Veränderung.

Übermäßige und ganz besonders anhaltende Anstrengungen dagegen bewirken auch eine Verminderung des Fettgehaltes und der Trockensubstanz [30].

f) Einfluß der Temperatur, der Witterung und Beunruhigungen. Rascher Witterungsumschlag, starke Schwankungen der Temperatur, Ortswechsel oder plötzliche Beunruhigungen vermögen die Zusammensetzung der Milch ungünstig zu beeinflussen [31].

g) Einfluß der Zeit und Art des Melkens. Es ist durch zahlreiche Untersuchungen festgestellt worden, daß die am Ende des Melkens gewonnene Milch fettreicher ist als die beim Beginn erhaltene, dieser Umstand hatte seinerzeit zu der irrtümlichen Vorstellung Veranlassung gegeben, daß sich die Milch im vollen Euter in aufgerahmtem Zustande befinde, die untere Milch, das ist die zuerst gemolkene, daher fettärmer sei. Die Ursache dieser Erscheinung ist eine ganz andere. Während des Melkens findet eine fortwährende Zunahme des Fettgehaltes statt, dabei bleibt der Gehalt an fettfreier Trockensubstanz vom Anfang bis zum Ende derselbe. Schmidt-Mühlheim [32] fand in den ersten 500 ccm des Gemelkes bei verschiedenen Tieren 0,6—0,8 Proz. Fett, in dem zuletzt gemolkenen Anteil etwa 4,8 bis 5,6 Proz., das ist die siebenfache Menge. Boussingault [33] fand in der ersten Portion 1,7 Proz., in der sechsten (letzten) 4,08 Proz., die fettfreie Trockensubstanz betrug im Mittel 8,7 Proz., Maximum 8,9 Proz., Minimum 8,5 Proz. Durch ein solches fraktioniertes Melken kann daher Milch von beliebigem Fettgehalt gewonnen werden, der Käufer der Milch erwartet aber die Durchschnittsmilch. Es mag hier auf die Wichtigkeit des Ausmelkens sämtlicher Zitzen bei der Ausübung der Milchkontrolle, besonders bei der Entnahme von Stallproben hingewiesen werden. Es ist auch festgestellt worden, daß die Zitzen desselben Euters bei vollständigem Ausmelken Milch verschiedener Zusammensetzung geben. P. Sharpleß [34] fand in der Milch der vorderen Zitzen rechts und links 4,98 und 6,58 Proz. Fett, in den beiden hinteren 5,0 und 5,59 Proz. Fett. Diese Unterschiede bestehen auch bei dem gebrochenen Melken. Auffallend ist auch, daß beim kreuzweisen Melken der Zitzen mehr Milch und mit höherem Fettgehalt gewonnen wird als beim einseitigen Melken [35], weil durch diese Art des Melkens ein länger andauernder Reiz auf die Milchdrüsen ausgeübt wird.

Zahlreiche Untersuchungen haben auch die Tatsache erkennen lassen, daß bei 2maligem täglichem Melken die Abendmilch, bei 3maligem Melken die Mittagsmilch am fettreichsten ist und die Abendmilch in der Mitte steht. Nach Fleischmann ist der Grund darin zu suchen, daß die einzelnen Melkzeiten zeitlich verschieden auseinander liegen. Bei 2maligem Melken von 12 zu 12 Stunden zeigt die Milch unter sonst gleichen Umständen keine wesentlichen Unterschiede, während der längeren Pause jedoch wird mehr Milch mit weniger Fett und Trockensubstanz, nach der kürzeren Pause

etwas weniger Milch, aber mit höherem Gehalt an Fett und Trockensubstanz abgesondert. Der Fettgehalt der Morgenmilch kann daher erheblich niedriger sein als der der Abend- oder Mittagsmilch. Abermals ein Umstand, der für die Milchkontrolle von großer Wichtigkeit ist.

Einfluß von Arzneimitteln und giftigen Stoffen auf die Beschaffenheit der Milch. Es ist bekannt, daß gewisse Arzneimittel, die Quecksilber, Arsen, Brom- und Jodverbindungen, Salizylsäure usw. enthalten, ebenso wie die giftigen Bestandteile schädlicher Pflanzen, wie z. B. der Herbstzeitlose (Colchicin), der Helleborusarten (Veratrin), der Tollkirsche (Atropin), des Bilsenkrautes und anderer, die hier nicht alle aufgezählt werden können, in die Milch übergehen können. Versuche, ob durch Verabreichung irgendwelcher Mittel (Milchpulver) die Milchproduktion gehoben werden kann, haben ergeben, daß eine solche Beeinflussung nicht stattfindet, die zahlreichen empfohlenen Milchpulver sind weit eher geeignet, die Milchsekretion ungünstig zu beeinflussen und unter Umständen die Milch zu verschlechtern, oder sogar für den menschlichen Genuß unbrauchbar zu machen.

Chemische Zusammensetzung und tägliche Schwankungen. Die chemische Zusammensetzung der Milch kann daher, soweit es sich um das Mengenverhältnis der Einzelbestandteile handelt, keine gleichbleibende sein. Wenn trotzdem von einer mittleren, oder von einer innerhalb enger Grenzen schwankenden Zusammensetzung der Milch eines ganzen Gemelkes (Vollmilch) gesprochen wird, so hat dies seine Berechtigung und wird auch bei Berücksichtigung der vielfachen, die Zusammensetzung beeinflussenden Umstände nicht mißverstanden werden können. Sicher ist kein im Gebrauche des Menschen stehendes Nahrungsmittel so oft Gegenstand der chemischen Untersuchung gewesen als die Milch, deren Analysen sich auf ungezählte Tausende belaufen. Für deutsche Produktionsverhältnisse werden daher folgende Werte der Zusammensetzung normaler gewöhnlicher Milch entsprechen.

Wasser	87—89 Proz.	Milchzucker	3,5—5,5 Proz.
Fett	2,7—4,3 „	Asche	0,6—1,0 „
Stickstoffsubstanz .	3,0—4,0 „	Spez. Gewicht bei 15°	1,029—1,032 „
Trockensubstanz .	11,0—13,0 „	Fettfreie Trockensubst.	8,0—9,0 „

Es sind aber diese Zahlen nicht als Grenzzahlen in dem Sinn aufzufassen, daß einer Abweichung davon bereits eine Verfälschung zugrunde liegen müßte. Anderseits kann eine Milch, deren Zusammensetzung diesem Schema entspricht, sehr wohl gefälscht sein, wie noch später zu zeigen ist. Wie schon oben erwähnt, gehört das Fett zu den Milchbestandteilen, deren Gehalt den größten Schwankungen unterliegt und dadurch auch das spez. Gewicht und die Gesamtmenge Trockensubstanz beeinflußt, während die fettfreie Trockensubstanz hiervon unberührt bleibt und daher als eine ziemlich konstante für die Beurteilung der Milch wichtige Größe anzusehen ist, die etwa 8,5 Proz. im Mittel beträgt.

Veränderungen in der Zusammensetzung der Milch werden noch durch das Kochen und das Gefrieren hervorgerufen. Der Einfluß des Kochens besteht zunächst in der durch Wasserverdunstung bewirkten Konzentration und der Zerstörung der Enzyme der Milch, wodurch die Verdaulichkeit der Milch vermindert werden soll. (Siehe Untersuchungsmethoden.)

Durch das Gefrieren findet gleichfalls eine Konzentration statt, indem

Wasser als Eis ausgeschieden wird, während sich die gelösten Milchbestandteile in der verbleibenden Flüssigkeit anreichern. Ist die Abkühlung eine sehr rasche, so daß das suspendierte Fett nicht Zeit hat, sich als Rahm abzuscheiden, so wird der flüssig gebliebene Teil fettreicher sein als der erstere; das Umgekehrte wird eintreten, wenn die Eisbildung so langsam vor sich geht, daß die aufsteigenden Fettkügelchen vom Eis eingeschlossen werden können.

Milchfehler und Milch kranker Tiere. Milchfehler sind entweder durch krankhafte Milchabsonderung oder durch Bakterientätigkeit veranlaßt.

a) Blutige Milch wird beobachtet bei Erkrankung des Euters oder der Nieren, auch durch Fütterung von Wasserpfeffer (Polygonum hydropiper), oder Fichtennadeln soll diese Erscheinung hervorgerufen werden. Das Blut setzt sich bei ruhigem Stehen der Milch am Boden ab.

b) Salzige oder räße Milch. Ebenfalls durch Eutererkrankung hervorgerufen, zeigt eine Veränderung der Zusammensetzung, besonders Zurücktreten des Milchzuckers und der Phosphate, dagegen Zunahme des Kochsalzes.

c) Griesige Milch, auch sandige Milch, entsteht durch Ausscheidung des Kalziumphosphats in den Milchgängen des Euters. Diese Ausscheidung, deren Ursache unbekannt ist, kann zur Verstopfung des Zitzenganges, zur Bildung von Milchsteinen und zu Euterentzündungen führen.

Durch Bakterien werden in der Milch entweder schon im Euter oder nach dem Verlassen desselben durch nachträgliche Infektion eine Anzahl Milchfehler hervorgerufen.

Zu den letzteren gehören:

d) Blaue Milch [36]. Bildung blaugefärbter rasenförmiger Kulturen von Bac. cyanogenus, Hüppe, und Bac. cyaneofluorescens, Zangenmeister.

e) Rote Milch [37]. Bac. prodigiosus, Sarcina rosea und Bac. lactis erythrogenes. Ersterer bildet auf der Oberfläche rote Flecken, Sarcina rote Streifen, in beiden Fällen ist das Serum ungefärbt. Bac. lact. erythrog. dagegen färbt die Milch in der ganzen Masse rot.

f) Gelbe Milch. Bac. syncanthus, Schröter. Soll nur in gekochter Milch auftreten.

Der Genuß roter Milch soll bei einem Kinde Durchfall erzeugt haben, blaue und gelbe Milch soll nicht giftig sein.

g) Schleimige oder fadenziehende Milch. Entweder durch Verquellung der Bakterienmembranen oder durch Umwandlung des Milchzuckers oder des Kaseins in eine schleimige Substanz veranlaßt.

Als Mikroorganismen, die diese Veränderungen hervorzurufen vermögen, werden beschrieben:

1. Der Kokkus der schleimigen Milch von Schmidt-Mühlheim.
2. Aktinobakter von Duclaux.
3. Bac. lactis viscosus von Adametz.
4. Mikrokokkus des langen Wei von Weigmann, ferner der Mikrokokkus Freudenreich von Guillebeau und der Streptococcus holandicus, außerdem noch verschiedene Kartoffel- und Erdbazillen [38].

Dieser Milchfehler wurde früher auf den Genuß von Pinguicula vulgaris zurückgeführt, die schwedische Zähmilch soll durch Einreiben der Milchgefäße mit dieser Pflanze erzeugt werden, Fleischmann bezweifelt jedoch die Wirkung dieses Verfahrens.

h) Bittere Milch. Bittere Milch aus dem Euter läßt auf Erkrankung des Euters, auf Bitterstoffe enthaltendes Futter oder auf altmelkende Kühe schließen.

Nachträgliches Bitterwerden ist auf Bakterientätigkeit und zwar auf Umwandlung der Eiweißstoffe in Peptone zurückzuführen [39].

Als bittermachende Organismen werden angeführt: Bac. lactis amari (Weigmann), Bac. liquefaciens lactis amari (Freudenreich), ferner eine große Anzahl von peptionisierenden Kartoffel- und Heubazillen.

i) Käsige Milch, wahrscheinlich durch verschiedene, neben den Säurebakterien vorhandenen labartige, peptonisierende und gasbildende Organismen hervorgerufen. Die Milch säuert nicht in normaler Weise, sondern das Kasein wird in größeren Flocken und Klumpen abgeschieden.

k) Seifige Milch. Solche Milch gerinnt nicht, sondern setzt nur einen schleimigen Bodensatz ab, während die überstehende Milch nach und nach dünnflüssiger und heller wird, manchmal auch neben den laugigseifigen. noch einen bitteren Geschmack annimmt. Der Geruch ist unangenehm stechend. Als Ursachen werden: Bakterien, Schimmelpilze, Oidien und Hefen, welche ein lab- und pepsinähnlichen Ferment abscheiden, die aber nicht näher studiert sind, betrachtet.

l) Gärende Milch. Gasbildende Hefen und Bakterien vergären nicht nur den Milchzucker, sondern bewirken auch manchmal unter Wasserstoffentwicklung andere Zersetzungsvorgänge.

m) Faulige Milch. Diese entsteht durch Einwirkung verschiedener Bakterien unter Entwicklung stinkender Gase.

n) Giftige Milch. In einzelnen Fällen wurde giftige Milch beobachtet, deren Giftwirkung auf die Gegenwart des ptomainähnlichen Tyrotoxikon, einer von Vaughan auch aus giftigem Käse isolierten kristallisierenden Substanz, zurückgeführt wird.

Zu den Milchfehlern kann endlich auch der Schmutz- und Bakteriengehalt gezählt werden. Im gesunden Euter sind Bakterien nicht enthalten, die Milch gesunder Tiere ist keimfrei. Der Keimgehalt der Stallmilch ist durch nachträgliche Infektion, aus der Stalluft, Staub, Streu usw. ist in die Milch gelangt. In 1 cbm Stallluft wurden 70000 Keime nachgewiesen, es ist daher erklärlich, daß überall auf dem Euter, in den äußeren Milchkanälen, wo die Keime einen vorzüglichen Nährboden finden, sich diese in großen Massen ansammeln und von da in die Milch gelangen. Tatsächlich hat man in 1 ccm der zuerst gemolkenen Milch (erste Striche) 50000 bis 300000 Keime gefunden. Man soll daher die Milch der ersten Striche von dem anderen Gemelke absondern.

Der Keimgehalt der Milch schwankt innerhalb weiter Grenzen, je nach der bei der Milchgewinnung eingehaltenen Sauberkeit und steht im engen Zusammenhang mit dem Schmutzgehalte*). Diesen ganz zu vermeiden, wird im gewöhnlichen Betriebe nicht möglich sein, er kann aber durch Sorgfalt auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Die Menge des Milchschmutzes wird durch Absitzenlassen bestimmt, ein Verfahren, das, nur die gröberen Schmutzteile zu fassen erlaubt, daher unter allen Umständen zu geringe Werte liefert. In verschiedenen Städten wurde in der Marktmilch, die durch Seihen von gröberen Schmutzteilchen befreit ist, 7—10 g im

*) 36,8 mg Schmutz im Liter 13 Mill. Keime in 1 ccm usw.

Liter gefunden. Der Bakteriengehalt nimmt bei längerem Stehen der Milch noch zu, daher auch die oft viele Millionen erreichende Keimzahl. Die Vermehrung der Keime wird durch die Temperatur außerordentlich begünstigt. Claus konnte nach 24stündigem Stehen bei 25° eine 1000—2000fache Vermehrung feststellen, während bei 10° innerhalb derselben Zeit die Vermehrung nur das 20fache betrug, bei Temperaturen wenig über Null fast keine Vermehrung, unter 0° dagegen eine Verminderung auf etwa 2/3 der ursprünglichen Keimzahl zu beobachten war. Keimzahl und Haltbarkeit der Milch stehen im umgekehrten Verhältnis. Je mehr Keime der Stallflora in die Milch gelangen, um so größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß darunter auch alle jene Organismen in ausreichender Zahl sich befinden, welche wir als Ursache der verschiedenen Milchfehler kennen gelernt haben, insbesondere auch das das Sauerwerden der Milch veranlassende anaerobe Bact. lact. acidi und das aerobe Bact. acidi lactici. Schutz gegen rasches Verderben der Milch bietet daher zunächst möglichste Sauberkeit beim Melken und Aufbewahren der Milch, Reinhaltung des Stalles und der Tiere, Abseihen oder Filtrieren (Zellulosefilter) und rasche Abkühlung der Milch. Auch durch Zentrifugieren der Milch werden die Schmutzteilchen, vermöge ihres höheren spezifischen Gewichtes in dem sogenannten Zentrifugenschlamm neben zahlreichen Bakterien (besonders Tuberkelbazillen) angesammelt. Ein großer Teil der spezifisch leichteren Bakterien aber verbleibt in der Magermilch oder geht in den Rahm über.

Literatur:

Zangenmeister, Über Bakterien d. blauen Milch. Centralbl. f. Bakt., I. Abt. **18**, 321 u. dgl.
Hüppe, Mitteil. d. Kaiserl. Ges.-Amt 1884, II, 355 u. dgl.
Karsten, Deutsche Zeitschr. f. Tiermedizin 1879.
Mänge, Über rote Milch. Centralbl. f. Bakt., VI.
Guillebeau, Beiträge zur Lehre v. d. Ursachen der fadenziehenden Milch. Centralbl. f. Bakt., Abt. I, Bd. II; Schweizer Arch. f. Tierheilk. 1892, **1**.
Schmidt-Mühlheim, Schleimige Milch. Pflügers Arch. **28**.
Weigmann-Zirn, Über seifige Milch. Centralbl. f. Bakt., Abt. I, **15**.
Bleisch, Bittere Milch und Sterilisierung bei Luftabschluß. Zeitschr. f. Hyg. **13**.
Hüppe, Milchsterilisierung und bittere Milch. Berl. klin. Wochenschr. 1891.
Möbius, Auftreten bitterer Milch. Sächs. Vet. 1895.
Vanderhoydonk, Bittere Milch. Schweiz. Arch. f. Tierheilk. **35**.

Milch kranker Tiere. Die Milch fieberkranker Tiere enthält vielfach die die Krankheit erregenden Organismen oder deren Stoffwechselprodukte. Sicher nachgewiesen ist die Übertragung von Tuberkulose, Milzbrand, Lungenseuche, Euterkrankheiten und Klauenseuche. Der von Koch [40] vertretenen Anschauung, daß ein scharfer Unterschied zwischen der Tuberkulose des Menschen und der Tiere bestehe, steht leider ein großes Beobachtungsmaterial gegenüber, welches die Übertragbarkeit der Rindertuberkulose auf den Menschen fast zweifellos sicher erweist. In der Milch milzbrandkranker Tiere sind Milzbrandbazillen nachgewiesen worden, der Genuß solcher Milch hat in zahlreichen Fällen Erkrankungen mit tödlichem Ausgang verursacht. Wenn auch in vereinzelten Fällen solche Milch ohne Schaden genossen worden sein soll, so ist doch ohne Zweifel die Milch milzbrandkranker Tiere als ein schädliches Nahrungsmittel zu bezeichnen. Die Milch von an Lungenseuche, Euterkrankheiten leidenden Tiere ist als gesundheitsschädlich vom Verkehr auszuschließen.

Zu erwähnen ist noch, daß die Milch als Überträger, Verschlepper von Infektionskrankheiten eine große Rolle spielt. Typhus, Scharlach, Diphtherie, auch Cholera können durch Milch, welche mit den Keimen dieser Krankheiten infiziert worden ist, verbreitet werden. Typhuskeime bleiben selbst in saurer Milch 35 Tage lang lebensfähig, Cholerabazillen waren in sterilisierter Milch nach 10 Tagen, in roher Milch bereits nach 24 Stunden abgestorben. In allen Fällen ist daher, um Übertragung von Krankheiten durch die Milch zu verhüten, diese nur in gekochtem Zustande zu genießen.

II. Ziegenmilch.

Die Ziegenmilch ist der Kuhmilch in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften ähnlich. Das spezifische Gewicht ist im Durchschnitt etwas höher. Bekannt ist der eigentümliche, z. T. durch die Ausdunstung der Ziegen beeinflußte Geruch und Geschmack, der aber, wie von praktischer Seite behauptet, durch reinliche Haltung der Tiere, gut gelüfteten Stall und gesundes, nicht verschimmeltes und fauliges Futter beseitigt werden kann. Die Ziegenmilch gerinnt wie die Kuhmilch zu groben Flocken zusammengeballt. Quantitative chemische Zusammensetzung nach König [41] (173 Analysen) siehe unten.

III. Schafmilch.

Gelb gefärbt, unterscheidet sich in ihrer Zusammensetzung, hoher Gehalt an Fett und Kasein und höheres spezifisches Gewicht von der Ziegen- und Kuhmilch. Mit fortschreitender Laktation findet eine erhebliche Zunahme der Trockensubstanz statt. Analysen nach König [42] (32 Analysen) siehe unten.

IV. Stutenmilch.

Wird von den Kulturvölkern nur im gegorenen Zustand (Kumys) als Nahrungs- und Heilmittel gebraucht.

Erwähnt mag noch die außerordentlich gehaltreiche Milch des indischen Rindes (Zebu und Büffelkuh), die Eselinnen- und die Kamelmilch werden. Die beiden letzteren sind ihrer Zusammensetzung und ihrer Gerinnung nach der Frauenmilch ähnlich. Eselmilch findet manchmal als Ersatz der Frauenmilch Verwendung.

Frauenmilch.

Obgleich kein Handelsartikel, muß diese doch ihrer Wichtigkeit wegen hier besprochen werden. Ihre Reaktion ist amphoter, aber zufolge des Vorherrschens alkalischer Phosphate stärker alkalisch als die der Kuhmilch. In ihrer chemischen Zusammensetzung, die durch die Laktationsperiode, den Ernährungszustand, Alter, Anstrengungen, Aufregungen in hohem Grade beeinflußt wird, unterscheidet sie sich nicht nur durch einen geringeren Gehalt an Stickstoffsubstanzen und Aschebestandteilen, einen höheren an Milchzucker, sondern auch dadurch, daß sie weitaus mehr Albumin als Kasein enthält, und, wie schon bemerkt, ärmer an Kalk, dafür aber reicher an alkalisch reagierenden Phosphaten ist. Diese Unterschiede in den Stickstoff- und Mineralbestandteilen bedingen auch den Unterschied in der Gerinnung der Frauenmilch.

Die Kuhmilch gerinnt zufolge ihres höheren Kasein- und Kalkgehaltes zu dicht zusammengeballten Klumpen, die kasein- und kalkärmere Frauenmilch dagegen zu einem feinflockigen, nicht zusammenhängenden und daher

leicht verdauenden Gerinnsel. Nach Dogiel [43] soll übrigens das Kasein der Frauenmilch ebenso grobflockig ausfallen, wenn deren Salzgehalt erhöht wird. Bekanntlich hat man vielfach mit Erfolg versucht, die Verdaulichkeit der Kuhmilch durch Verdünnen mit Wasser zu erhöhen, tatsächlich wird hierdurch eine feinflockige Kaseingerinnung durch das Labferment erzielt. Die durch die Verdünnung bewirkte Herabsetzung der beiden anderen wichtigen Nährstoffe der Milch, kann durch Zusatz von Fett (Rahm) und Milchzucker ausgeglichen werden, nicht aber der Gehalt an Stickstoff, weshalb diesem Verfahren eine natürliche Grenze gesetzt ist.

Zu bemerken ist noch, daß das Fett der Frauenmilch arm an Glyzeriden der flüchtigen Säuren ist, und sich dadurch ganz wesentlich von dem Butterfett unterscheidet. Die Reichert-Meißlsche-Zahl beträgt nur 1,4, gegen etwa 28 im Butterfett (Analysen von König).

		Spez. Gewicht 15° C	Wasser	Kasein	Albumin	Fett	Milch-Zucker	Salze
Frauenmilch	Minimum	—	83,88	0,20	0,28	1,27	3,68	0,13
	Maximum	—	41,40	1,85	2,48	6,20	8,76	1,87
	Mittel . .	—	87,58	0,80	1,21	3,74	6,37	0,30
Ziegenmilch	Minimum	1,0280	82,02	2,54	0,78	2,29	2,80	0,35
	Maximum	1,0360	90,16	4,24	2,26	7,55	5,72	1,36
100 Analysen	Mittel . .	1,0305	86,88	2,87	0,89	4,08	4,64	0,89
Schafmilch	Minimum .	1,0298	74,47	3,59	0,83	2,81	2,76	0,13
	Maximum .	1,0385	87,02	5,69	1,77	9,80	7,95	1,72
71 Analysen	Mittel . .	1,0341	80,82	4,97	1,55	6,86	4,91	0,89
Eselinnenmilch	Minimum . .	—	88,03	1,01		0,11	4,85	0,31
	Maximum .	—	91,11	3,08		2,82	6,50	0,78
25 Analysen	Mittel . .	—	90,12	1,85		1,37	6,19	0,47

Konservierung der Milch.

Das Verderben der Milch, ebenso wie eine Anzahl schädlicher Eigenschaften der Milch sind durch die Gegenwart von Bakterien bedingt; alle Bestrebungen, daher, die Milch in jeder Beziehung gesund zu erhalten, müssen auf die Beseitigung der Bakterien oder deren Stoffwechselprodukte, oder doch mindestens auf eine Hemmung der Entwicklung der Organismen gerichtet sein. Diesem Zwecke dienen entweder chemische Konservierungsmittel oder die Anwendung höherer oder niederer Temperaturen, sowie Verminderung des Wassergehaltes.

Von allen diesen Verfahren sind diejenigen, welche durch Erhitzen konservieren, die wichtigsten. Einige Minuten Erhitzen der Milch auf annähernd Kochtemperatur, oder 15 Minuten langes Erhitzen auf etwa 70—75° genügen, um die in der Milch vorhandenen pathogenen Keime und den größten Teil der Milchbakterien, besonders die Säuerungsbakterien zu töten. Um eine vollkommene Sterilisation zu erreichen (Tötung der Dauerformen), müßte die Milch einige Zeit auf 120° erwärmt werden, wodurch die Milch aber den nicht beliebten Kochgeschmack annimmt, weshalb in der Praxis von einer so weitgehenden Erhitzung abgesehen wird, da eine möglichst vollständige Abtötung aller Keime auch durch wiederholtes Erwärmen auf niedrige Temperaturen erreicht werden kann, wenn auch hierbei zufolge

des ungleichmäßigen Auskeimens der Sporen immer einige der Vernichtung entgehen mögen. Für den sofortigen Gebrauch ist die Gegenwart von Dauersporen, deren Entwicklungsfähigkeit außerdem geschwächt ist, belanglos, anders aber ist es, wenn solche Milch erst nach längerer (wochenlanger) Aufbewahrung gebraucht werden soll.

Für den Hausbedarf genügt es, die frische Milch abzukochen, rasch abzukühlen, kühl aufzubewahren und vor dem Gebrauch noch einmal aufzukochen. Das allgemein beliebte Soxhletsche Verfahren vermeidet das Aufkochen über freiem Feuer und gestattet eine einige Tage haltbare und genügend keimfreie Milch bequem herzustellen. Die Flaschen, welche die für das Alter des Kindes nötige, mit Wasser entsprechend verdünnte Milch enthalten, sind mit einem durchbohrten Gummistopfen versehen, sie werden 20 Minuten lang in kochendem Wasser erhitzt, sodann der Stopfen mit einem sterilisierten Glasstäbchen verschlossen und nochmals 20 Minuten in dem kochenden Wasser belassen.

Für den Großbetrieb sind andere Verfahren in Benutzung. Gronwald, Neuhaus und Oehlmann sterilisieren fraktioniert (Vor- und Hauptsterilisation) mit überspanntem Dampf, wobei die Einrichtung getroffen ist, daß die in dem dampferfüllten Erhitzungsraum befindlichen Flaschen von außen, ohne daß Luft zutreten kann, nach erfolgter Sterilisation geschlossen werden können. Das Verfahren wurde genau geprüft. Nach diesem Verfahren kann eine Dauermilch hergestellt werden, die sich bei gewöhnlicher Temperatur wochenlang hält. Die der Vernichtung etwa entgangenen Bakterien scheinen zu den Heu- und Kartoffelbazillen zu gehören, Krankheitskeime und die Organismen der Gerinnuug werden aber sicher getötet. Eine Vorbedingung für durchgreifende Sterilisation ist, daß die Milch möglichst frei von Schmutz und Schlamm ist, und nicht vorher längere Zeit warm gestanden hat, d. h. für sich nicht allzu bakterienreich zur Sterilisation gebracht wird. Billigere Apparate sind von Popp und Becker, Schäfer u. a. angegeben worden. Es steht fest, daß durch die Sterilisation der Wert der Kindermilch erhöht wird und durch deren Verwendung die Kindersterblichkeit vermindert worden ist. Die Beobachtung von Starck über das Auftreten von skorbutähnlichen Erkrankungen bei Säuglingen, die mit Dauermilch ernährt wurden, ist nicht aufgeklärt. Auffallend ist, daß diese Erkrankungen sofort zurückgingen, sobald die Dauermilch durch frische Milch ersetzt wurde. Nach Wroblowski [44] sollen durch das Sterilisieren auch Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung hervorgerufen werden, welche hauptsächlich in der Gerinnung des Albumins, in einer unter geringer Säurebildung vor sich gehenden Zersetzung des Milchzuckers und noch darin bestehen, daß das Kasein in einen durch Säuren leichter fällbaren Zustand übergeführt wird.

b) Konservierung durch Gefrieren. Die frisch gemolkene Milch wird in geeigneten Vorrichtungen zum Erstarren gebracht und in diesem Zustande versendet. Nach dem Auftauen besitzt solche Mich alle Eigenschaften frischer Milch. Selbstverständlich werden durch dieses Verfahren die Bakterien nicht getötet, sondern nur in ihrer Entwicklung gehemmt. Dasselbe, oder ähnliches, wird mit dem sogenannten Tiefkühlverfahren bezweckt und erreicht, nach welchem die frischgemolkene und geseite, filtrierte oder zentrifugierte Milch rasch durch besondere Milchkühler auf etwa Brunnenwassertemperatur abgekühlt wird.

c) Die Haltbarmachung der Milch durch Filtration, Zentrifugieren zur

Entfernung des Schmutzes wurde schon mehrfach erwähnt. Größere Betriebe benützen Sand- oder Zellulosefilter, für den Hausgebrauch genügen die Wattescheibenfilter. Zu bemerken ist, daß diese Verfahren nur die Entfernung des Schmutzes ermöglichen, eine Verminderung der Bakterien wird nicht erreicht.

d) Haltbarmachung durch chemische Zusätze. Dieses am wenigsten zu empfehlende Verfahren besteht in der Anwendung der als Antiseptika bekannten Präparate in erster Linie, Borsäure, Salizylsäure, Formaldehyd, Wasserstoffperoxyd und vielleicht in neuerer Zeit auch Benzoesäure usw., sowie der als Neutralisationsmittel wirkenden Karbonate von Kalium und Natrium. Nach Untersuchungen von Lazarus [45] wirkt Salizylsäure wohl ziemlich kräftig hemmend auf verschiedene Bakterien, beeinflußt aber Typhusbazillen so gut wie gar nicht. Borsäure in Mengen von 0,05, 0,1—0,2 Proz. der Milch zugesetzt, vermag diese 24, 64, bez. 72 Stunden lang frisch zu erhalten [46]. Formaldehyd, der in letzter Zeit für Konservierungszwecke seiner vorzüglichen Wirkung wegen vielfach empfohlen wurde, vermag schon in Verdünnung 1 : 50000 Proz. Milch einige Zeit frisch zu erhalten. Behrings [47] hält so geringe Mengen Formaldehyd für unschädlich, glaubte daher für die Zulassung des Formaldehyds unter Deklarationszwang, gesetzlich festgelegter Höchstmenge sich aussprechen zu sollen, wenn die Erlaubnis zur Herstellung dieser Milch nur unter besonderen Bedingungen an unter Aufsicht stehende Molkereien gegeben werde. Die wissenschaftliche Deputation für das Gesundheitswesen (Preußen) hat aber in einem ausführlichen Gutachten, welches die umfangreiche in dieser Frage entstandene Literatur berücksichtigt, die Zulassung dieses Konservierungsmittels abgelehnt, und da sich auch zahlreiche wissenschaftliche Korporationen angeschlossen haben, so dürfte vorläufig für Preußen und das übrige Deutschland die Sache erledigt sein. Wasserstoffhyperoxyd [48] ist gleichfalls von vorzüglicher Wirkung, verändert die Milch in keiner Weise, wird durch Erhitzen rasch, bei längerem Stehen der Milch langsam zersetzt, verschwindet daher aus der Milch bis auf einen kleinen Rest, der übrigens durch Zusatz von Fermenten wegzuschaffen gesucht wird, fast vollständig. Diese Perhydrasemilch [19] wird in der Weise hergestellt, daß die Milch mit Wasserstoffhyperoxyd (1 : 1000) versetzt, gut gemischt und 1 Stunde auf 52° erwärmt wird, worauf nach Much und Römer eine aus Rinderblut hergestellte Normal-Katalase zugesetzt wird. Nach 2 Stunden ist jede Spur von Wasserstoffperoxyd zersetzt. Da die auf solche Weise hergestellte Milch vollkommen frei von Tuberkelbazillen, überhaupt keimfrei ist, und tadellosen Rohmilchgeschmack besitzt, so scheint hier ein vielversprechendes Verfahren angegeben zu sein, über welches aber noch weitere Erfahrungen über ihre Verwendbarkeit als Säuglingsmilch ausstehen. Vorläufig sind die Herstellungskosten dieser Milch noch viel zu teuer. Was die Zulässigkeit dieser Milch anbelangt, so dürfte diese einstweilen abzulehnen sein, solange nicht umfangreiche medizinische Erfahrungen vorliegen und ein Mißbrauch dieses Verfahrens zur Regenerierung bereits in Zersetzung begriffener Milch nicht unbedingt ausgeschlossen ist. Alkalikarbonate sollen bei sauerwerdender Milch die freie Säure binden und dadurch das Gerinnen verhindern. Solche Zusätze sind geeignet, die Entwicklung der Bakterien zu begünstigen und den Käufer über die Beschaffenheit der Milch zu täuschen.

Molkereiprodukte. Neben der Vollmilch finden sich im Handel noch

Rahm, Magermilch, Buttermilch und Molken. Rahm (Sahne, Obers, Schmand). Die sich bei ruhigem Stehen der Milch absondernde, durch das Aufsteigen der spezifisch leichteren Fettkügelchen sich bildende fettreiche obere Milchschicht nennt man Rahm. Der Rahm ist je nach dem Fettgehalt mehr oder weniger dickflüssig. Rahm soll mindestens 10 Proz. Fett enthalten (Kaffeerahm). Rahm mit mindestens 30 Proz. Fett wird als Schlagsahne bezeichnet. Der durch selbsttätiges Aufrahmen gewonnene Rahm ist infolge der hierzu nötigen längeren Zeit vielfach sauer. Der in neuerer Zeit durch Zentrifugieren gewonnene Rahm dagegen ist süß, da nach diesem Verfahren die Rahmbereitung nur außerordentlich kurze Zeit beansprucht.

Der Preis des Rahms richtet sich nach seinem Fettgehalt und den Marktpreis der Milch und kann annähernd nach der Formel $x = \frac{a F}{f}$, wobei a der Preis der Milch, F der Fettgehalt des Rahmes, f der durchschnittliche Fettgehalt der Marktmilch bedeutet. Zusätze von Konservierungsmittel und Verdickungsmittel sind zu beanstanden. Bezüglich letzterer ist zu bemerken, in den letzten Jahren nach einer Mitteilung von Reiß [50] solche Mittel, hauptsächlich aus Zuckerkalk bestehend (trocken oder gelöst) in den Verkehr gebracht wurden, die nicht nur als Verdickungsmittel, sondern auch als Neutralisationsmittel sehr wirksam sind.

Magermilch, abgerahmte Milch, Zentrifugenmilch. Je nach dem Grad der Entrahmung wechselt der Gehalt an Fett und Trockensubstanz, ebenso das spezifische Gewicht, das etwa zwischen 1,032 und 1,037 schwanken kann. Der Gehalt an fettfreier Trockensubstanz ist derselbe wie in Vollmilch. Der Fettgehalt der durch Aufrahmen entrahmten Milch schwankt zwischen 0,2 und 2,5 Proz., der der Zentrifugenmilch zwischen 0,05 und 0,1 Proz. Durch Wasserzusatz wird das spezifische Gewicht und fettfreie Trockensubstanz vermindert.

Käsemilch und Molken. Die nach Abscheidung des Käsestoffs bei der Herstellung der Labkäse verbleibende Milch heißt Käsemilch. Wurde Vollmilch verkäst, kann aus ihr noch Butter (Vorbruchbutter), sonst aber durch Säuern und Erhitzen Eiweißstoffe abgeschieden werden (Ziger). Die nunmehr verbleibende Flüssigkeit heißt Molken, bez. Quarkmolken bei der Sauerkäserei.

Käsemilch enthält nach Fleischmann etwa 0,3 Proz. Fett, 1 Proz. Eiweißstoffe, Molken und Quarkmolken 0,1 Proz. Fett und 0,3 bez. 1,0 Proz. Eiweißstoffe. Spezif. Gewicht 1,025—1,029. Diese Rückstände werden auf Milchzucker verarbeitet.

Am Schlusse dieses Abschnittes sind noch die eigentlichen Milchkonserven: Milchtafeln, Milchpulver und kondensierte Milch zu besprechen.

Kondensierte Milch wird durch Verdampfen im Vakuum meist unter Zusatz von Rohrzucker hergestellt und kommt in verlöteten Blechbüchsen in den Handel. Sie enthält etwa 25 Proz. Wasser, 12 Proz. Eiweißkörper, 10 Proz. Fett, 14 Proz. Milchzucker, 2 Proz. Salze und 35 Proz. Rohrzucker. Sterilisierte, kondensierte Milch, ohne Zuckerzusatz wird aus frischer zentrifugierter, schmutzfreier Milch durch Eindampfen im Vakuum bis auf einen Trockensubstanzgehalt von etwa 50 Proz. hergestellt und in Büchsen gefüllt, die nach dem Verlöten sterilisiert werden. Um die Gerinnung des Eiweißes beim Sterilisieren zu vermeiden, wodurch ein zähes, nichtfließendes Produkt erhalten wird, wird die Milch vor dem Eindampfen

im Vakuum aufgekocht. Die Zusammensetzung dieser Milch ist vom Grade der Konzentration abhängig. Vorzüge dieser Präparate sind die fast unbegrenzte Haltkarkeit und, wie Soxhlet hervorhebt, Gleichartigkeit der Zusammensetzung.

Milchpulver. Aus abgerahmter Milch werden trockene Milchpulver hergestellt, die, da das Kasein durch das Eintrocknen seine Quellungsfähigkeit verloren hat, nur unvollkommen in Wasser löslich sind. Wenngleich die Milchpulver, vermöge ihrer Herstellung aus abgerahmter Milch (Vollmilch läßt sich nicht ohne Fettabscheidung eintrocknen), fettarm sind, so werden sie doch ziemlich leicht ranzig.

Kumys und Kefir sind alkoholische aus Stuten- und Kuhmilch durch Gärung hergestellte Getränke, die ihrer leichten Verdaulichkeit und ihrer anregenden Wirkung wegen vielfach genossen werden. Zur Herstellung des Kumys wird Stutenmilch noch warm mit dem Kumysferment oder gärenden Kumys versetzt, nach einigen Stunden auf Flaschen gefüllt und der Gärung überlassen. Das Ferment enthält hauptsächlich 2 Gärungspilze, einen Milchsäurepilz, der einen Teil des Milchzuckers in Milchsäure verwandelt, die dann den noch vorhandenen Milchzucker invertiert, der sodann durch das zweite Ferment (Hefe) vergoren wird. Schipin [51] hat im Kumys Bacterium acidi lactici, eine Saccharomycesart und außerdem noch eine anaerobe Bazillenart gefunden, die Milchsäure- und Alkoholgärung hervorruft und außerdem peptonisierende Wirkung besitzt.

Vieth [52] fand für einen 22 Tage alten Kumys folgende Zusammensetzung: Wasser 91,08 Proz., Alkohol 2,21 Proz., Milchsäure 1,37 Proz., Milchzucker 1,72 Proz., Stickstoffsubstanz 2,16 Proz., Kasein 1,13 Proz., Albumin 0,21 Proz., Laktoprotoin und Pepton 0,81 Proz.

Kefir. Die Gärung der Kuhmilch wird durch die Kefirkörner (Hirse des Propheten), kleine erbsengroße Klümpchen, welche verschiedene, in Symbiose wirkende Mikroorganismen enthält, eingeleitet. Zunächst findet eine Säuregärung statt, durch welche ein Teil des Milchzuckers in Milchsäure übergeführt wird, die wieder, wie es scheint, das Kasein zur Gerinnung bringt, wobei aber ein Teil desselben peptonisiert wird. In ähnlicher Weise wie beim Kumys erfolgt sodann durch die Hefearten des Kefirs die alkoholische Gärung des Milchzuckers, welcher aber nicht vollständig vergoren wird. Über die Darstellung des Kefirs bestehen zahlreiche Vorschriften [53]. Seine Zusammensetzung ist nach König [54] im Mittel aus 33 Analysen: Wasser 88,86, Gesamtstickstoffsubstanz 3,39, Kasein 2,80, Albumin 0,38, Azidalbumin 0,25, Hemialbumin 0,18, Pepton 0,03, Fett 2,76, Milchzucker 2,52, Alkohol 0,84, Asche 0,65 Proz.

In der Milch sind neben den chemisch leicht faßbaren Bestandteilen von genau bekannter Zusammensetzung noch eine Anzahl anderer Körper vorhanden, deren Zusammensetzung wir zurzeit nicht kennen, denen aber wahrscheinlich eine besondere physiologische Bedeutung für die Milch als Nahrungsmittel zukommen dürfte. Es sind dies die Enzyme, die teils ursprünglich in der Milch vorhanden, aus den bei ihrer Bildung beteiligten Zellen herstammen, teils aber als Stoffwechselprodukte der Milchbakterien anzusehen sind. Da diese Enzyme an anderer Stelle noch ausführlich besprochen werden, so ist hier nur das Wesentlichste über die in der Milch vorkommenden zu erwähnen.

I. Eiweißspaltende Enzyme. Von den originären eiweißspaltenden (proteolytischen) Enzymen sind, wie es scheint, nur Pepsin und Trypsin [55] in der Milch vorhanden. Während aber als Pepsin, das nur in saurer Lösung, als Trypsin das nur in alkalischer Lösung wirksame proteolytische Ferment bezeichnet wird, reagieren die beiden Milchenzyme sowohl in saurer als alkalischer Lösung.

Nicht originär ist die Kasease [56], die das durch Labwirkung gefällte Kasein in lösliche Form überführt und wahrscheinlich auch die Galaktase von Babock und Russel [57], der eine ähnliche Wirkung zukommt und die übrigens nach Neumann-Wender [58] ein Gemenge von Trypsin, Katalase und einer Peroxydase sein soll.

Ein Fibrinferment der Frauenmilch, das die Gerinnung des Fibrins und eine Kinase, die den Pankreassaft zu aktivieren imstande sein soll, sind nicht sicher nachgewiesen.

II. Kohlenhydratspaltende Enzyme, die sowohl Polysaccharide (Stärke, Amylum) als Disaccharide (Rohrzucker, Milchzucker, Maltose) zu einfachem Zucker abzubauen vermögen. Von Bedeutung ist das als Amylase oder Diastase bezeichnete Ferment, welches nicht nur in Frauenmilch (Bechamp), sondern auch in der Kuhmilch aufgefunden wurde. Außerdem soll noch ein bakterielles Enzym in der Milch vorhanden sein, das Milchzucker in Alkohol und Kohlensäure und Milchsäure spalten soll.

III. Fettspaltende Enzyme. Lipase. Das Vorkommen eines solchen Fermentes, welches nur Monobutyrin zerlegt und ebenso einer das Salol in Salizylsäure und Phenol spaltenden Salolase ist in Frauen- und Kuhmilch nicht sicher nachgewiesen.

IV. Oxydasen und Reduktasen (Peroxydase, Katalase, Aldehydkatalase, Reduktase und Hydrogenase). a) Peroxydase oder Superoxydase wird das Enzym genannt, dem die Fähigkeit zukommt, Wasserstoffperoxyd unter Bildung von Wasser und molekularem Sauerstoff zu zerlegen. $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$. (Siehe auch Katalase von Löw.) Die Peroxydase findet sich in allen tierischen Organen, daher auch in der Milch des Menschen und der Tiere, sie ist originär, stammt aus den Leukozyten, ist endoenzym, d. h. sie wird bei dem Zerfall der Milchdrüse in Freiheit gesetzt [60]. Seligmann [60] dagegen hält nur die Peroxydase des Colostrums für originär, die der normalen Milch dagegen im wesentlichen für bakteriellen Ursprungs. Neben den Peroxydasen enthält die Milch sogenannte indirekte Oxydasen (Anaerooxydasen), das sind Fermente, die die Oxydationen nur bei Gegenwart von Wasserstoffperoxyd auszuführen vermögen, das sie in Wasser und atomistischen Sauerstoff zerlegen ($H_2O_2 = H_2O + O$).

Die indirekten Oxydasen bläuen Guajaktinktur bei Anwesenheit von Wasserstoffperoxyd (Reaktion auf rohe Milch), ältere Tinktur enthält selbst ein Peroxyd, daher tritt bei roher Milch ohne Wasserstoffperoxyd Bläuung ein. Außer Guajaktinktur finden als Reagenzien neben Wasserstoffperoxyd, Anwendung Paraphenylendiamin, Guajakol, Paraamidophenol, Dimethyl- und Tetramethylparaphenylendiamin u. a. Blausäure, Rhodansalze, überhaupt Fermentgifte, beeinflussen oder heben die Wirkung ganz auf; merkwürdig ist, daß Formalin schützend wirkt und zwar auch selbst vor der Zerstörung durch Erhitzen, wodurch fast alle Fermente unwirksam werden.

Direkte Oxydasen, die die Oxydation einfach durch Übertragung des Luftsauerstoffs einleiten, die man auch echte Oxydasen, Aerooxydasen, genannt

hat, sind in der Milch nicht nachgewiesen, ihre Existenz ist überhaupt zweifelhaft, sie dürften nach Neuhaus als ein Gemenge von Superoxyd und Peroxydase anzusehen sein.

Zu erwähnen ist noch, daß die durch die Oxydasen bewirkten Reaktionen auch in Lösungen, die neben einem Kolloid, Alkali und ein Mangansalz (auch Ferrosalze) enthalten, hervorgerufen werden können. Diese Tatsache ist Veranlassung, daß die Fermentnatur der Oxydasen vielfach angezweifelt wird.

Reduktasen. Enzyme, welche Farbstoffe entfärben, Schwefel in Schwefelwasserstoff überführen. Erstere wird Reduktase (M. Reduktase), letztere Hydrogenase genannt. Sie sind, wie auch die das Schardingsche Reagens entfärbende Aldehydkatalase (F. M. Reduktase) bakteriellen Ursprungs. Man nimmt übrigens an, daß nur eine einzige Reduktase diese verschiedenen Reaktionen bewirkt. Die Reduktasen werden durch Erhitzen vernichtet, sie bilden sich jedoch wieder, wahrscheinlich durch neu auftretende Bakterientätigkeit. Gegenantiseptika und Enzymgifte hemmen ihre Wirksamkeit.

Diese Enzymreaktionen, besonders aber die der Oxydasen und Reduktasen haben für die Untersuchung der Milch eine hervorragende praktische Bedeutung gewonnen. Die Reduktasen, die ausschließlich bakteriellen Ursprungs sind, gestatten durch ihre Reduktionsreaktionen einen Rückschluß auf den Keimgehalt, bzw. das Alter der Milch, die Oxydasen, namentlich die indirekten, ermöglichen die Unterscheidung zwischen erhitzter und roher Milch, da in Milch, die über 75° erhitzt wurde (Frauenmilch ausgenommen), die Farbreaktionen nicht mehr eintreten. Wir werden bei Besprechung der Untersuchungsmethoden darauf zurückkommen.

Eine ausführliche Zusammenstellung der Literatur über die Milchenzyme findet sich in dem Handbuch der Milchkunde, herausgegeben von Sommerfeld, Wiesbaden, J. Bergmann, 1909; Lafar, Technische Mykologie und in dem Referat von Koning, Milchwirtschaftl. Centralblatt 1907 u. 1908, Bd. 3 u. 4.

Untersuchung der Milch und Entnahme der Proben.

Nach den Beschlüssen der freien Vereinigung deutscher Nahrungsmittelchemiker [61].

Spezifisches Gewicht. Die Bestimmung des spezifischen Gewichts darf bei frisch gemolkener Milch nur nach vorausgegangener starker Kühlung (Eis) oder stundenlanger Aufbewahrung in einem kühlen Raum ausgeführt werden, da es sich im Verlauf dieser Zeit bis um 1° des Laktodensimeters (Einheit der dritten Dezimale des spez. Gew.) erhöht. Diese Kontraktion ist entweder durch Quellung des Kaseins oder durch allmähliche Erstarrung des Fettes veranlaßt. Nach Halenke und Möslinger [62] kann diese Zunahme zur Unterscheidung von frisch- oder altgemolkener Milch benutzt werden.

Die Bestimmung des spez. Gew. kann entweder mit der Westphalschen Wage, mit Pykrometer oder dem von Soxhlet verbesserten Aräometer (Laktodensimeter) ausgeführt werden. Die Spindel läßt direkt die zweite und dritte Dezimale des spez. Gew. (Laktodensimetergrade) ablesen, die Teilung ist groß genug, um Zehntelgrade noch zu schätzen.

Die an älteren Milchwagen befindlichen Angaben über Fettgehalt und

Wasserzusatz sind, da das spez. Gewicht der Milch schwankt, vollkommen unrichtig und wertlos.

Trockensubstanz. 2—3 g Milch werden in einer mit Deckel versehenen flachen Schale abgewogen, auf dem Wasserbade eingedampft und in einem Wassertrockenschrank oder dem Soxhletschen Trockenschrank bis zu gleichbleibendem Gewicht getrocknet (Zusatz von Alkohol zu Milch soll die Bildung eines flockigen Gerinnsels veranlassen und damit das Trocknen befördern).

Vor der allgemeinen Anwendung der Schnellmethoden zur Fettbestimmung verband man gern diese mit der Bestimmung der Trockensubstanz. Die Milch wurde in einem kleinen Schiffchen, das man später in den Extraktionsapparat einschieben konnte (Vogelsches Schiffchen), welches mit ausgeglühtem Sand oder Asbest, vorgetrocknetem Papier oder Wolle beschickt war, eingedampft und im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Um den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auszuschalten, konnte die Wägung des Schiffchens in einem mit eingeschliffenen Stopfen versehenen Wägegläschen vorgenommen werden.

Bestimmung des Fettes. Diese wird entweder nach einer als zuverlässig anerkannten Schnellmethode [63] (Gerber) oder nach Röse-Gottlieb [64] ausgeführt. Geronnene Milch wird mit dem zehnten Teil des Gewichts der Milch an Ammoniak (D = 0,91) versetzt und bis zur völligen Wiederaufquellung des Kaseins durchmischt. Der gefundene Fettgehalt ist um $^1/_{10}$ zu erhöhen.

Hierzu ist zu bemerken, daß das Verfahren nach Gerber an Genauigkeit den vielen anderen Methoden nicht nachsteht, zumindest aber für die Zwecke der polizeilichen Kontrolle vollkommen genügt.

Die Forderung dieses Verfahrens in gerichtlichen Fällen oder bei Beanstandungen nicht anzuwenden, ist nicht berechtigt. Das Verfahren beruht darauf, daß das Kasein der Milch durch die konzentrierte Schwefelsäure (1,820—1,825) zersetzt und dadurch die Emulsion des Fettes aufgehoben wird, so daß dieses durch die hierbei auftretende Reaktionswärme zum Schmelzen gebracht und unter Mitwirkung der gleichzeitig zugegebenen geringen Menge Amylalkohol in einer zusammenhängenden klaren Schicht durch Zentrifugieren von der übrigen Flüssigkeit scharf abgesondert und seinem Volumen nach gemessen werden kann. Die Bestimmung wird in dem Butyrometer vorgenommen. Dieser besteht aus einer engen, unten geschlossenen graduierten Röhre, welche nach oben einen weiteren zylindrischen Ansatz besitzt, der bestimmt ist, das Reaktionsgemisch und 10 ccm Schwefelsäure, 11 ccm Milch, 1 ccm Amylalkohol aufzunehmen und der durch einen Kautschukpfropfen fest verschlossen werden kann. Sind Schwefelsäure, Milch und Amylalkohol in dieser Reihenfolge in den Butyrometer eingefüllt, dieser verschlossen, so werden die drei Flüssigkeiten durch kräftiges Schütteln innig gemischt, bis keine Kaseinflocken mehr wahrzunehmen sind und die Mischung eine bräunliche Färbung angenommen hat. Sodann werden die Butyrometer in die Zentrifuge mit dem Stopfen nach auswärts eingesetzt und etwa 3 Minuten lang bei 700—800 Umdrehungen ausgeschleudert. Die im engen Rohr angesammelte Fettschicht kann mit Hilfe der am Rohr angebrachten Teilung genau abgelesen werden. Falls die Butyrometer vor oder nach dem Zentrifugieren sich nicht mehr heiß anfühlen, so sind sie durch Einstellen in Wasser von 65° anzuwärmen. Näheres siehe Hesse [65

und Schmöger [66]. Die in neuerer Zeit vorgeschlagenen, im wesentlichen als Modifikationen des Gerberschen Verfahrens anzusehenden Methoden, Sinazidmethode und Salzmethode, welche die Schwefelsäure durch Alkalilauge bzw. Salzlösungen ersetzen, mögen hier nur noch erwähnt werden.

Fettbestimmung nach Röse-Gottlieb [67, 68]. Das Verfahren, ursprünglich von Röse angegeben, ist durch Gottlieb verbessert worden, auch die Apparatur hat zweckmäßige Veränderungen erfahren. Es beruht auf der Ausschüttlung des Milchfettes durch ein Lösungsmittel. 10 g Milch werden in einem der noch zu beschreibenden Schüttelgefäße mit 2 ccm 10prozentigem Ammoniak (bei saurer Milch mehr), 10 ccm absolutem Alkohol, 25 ccm Äther und 25 ccm Petroläther (Siedepunkt unter 60°) versetzt. Nach jedem Zusatz wird die Mischung kräftig durchgeschüttelt, nach 2 Stunden hat sich die Ätherschicht vollkommen abgeschieden, deren Volum abgelesen wird. Etwa 30—35 ccm werden in einem gewogenen Kölbchen verdunstet, das Fett bei 100° eine Stunde lang getrocknet und gewogen. Bequemer als 10 g Milch abzuwiegen ist es, 10 ccm Milch anzuwenden; in diesem Fall muß das der ganzen Ätherschicht entsprechende Gewicht der Fettmenge, will man den Fettgehalt in Gewichtsprozenten ausdrücken, durch das spezifische Gewicht der Milch geteilt werden. Um die Entnahme der Äther-Fett-Lösung genau und bequem ausführen zu können, haben an Stelle der von Röse angewendeten graduierten Scheidebürette Röhrig [69] und E. Rieter [70] andere Apparate empfohlen.

Zum Abwägen der Milch (bei Rahm notwendig), hat Farnsteiner [71] sich kleiner Reagenzgläser mit Fuß und aufgeschliffener Glasplatte bedient. Zu erwähnen ist noch das aräometrische Verfahren von Soxhlet [72, 73]. In mit Kalilauge versetzter Milch wird durch Äther das gesamte Fett extrahiert. Nur ein kleiner Teil des Äthers bleibt in der Flüssigkeit gelöst, dieser aber ist fettfrei. Aus dem spezifischen Gewicht der Ätherlösung, das durch besondere Aräometer bestimmt wird, kann mit Hilfe einer Tabelle der Fettgehalt der Milch direkt abgelesen werden. Diese Methode bedeutete einen erheblichen Fortschritt in der Milchanalyse.

Die gewichtsanalytische Bestimmung des Fettes ist schon oben bei der Bestimmung der Trockensubstanz erwähnt worden. Zum Eintrocknen der Milch und möglichster Verteilung des Fettes werden neben Sand, Zellulose und Papierstreifen auch Gips, als Extraktionsmittel, Äther oder Petroläther, als Extraktionsapparat der bekannte Soxhletsche Heberapparat angewendet. Zu bemerken ist, daß das Verfahren des Eintrocknens besonders bei homogenisierter Milch etwas zu geringe Werte ergibt, weil die feinverteilten Fettkügelchen nicht alle dem Äther zugänglich sind. Diese Fehlerquelle ist bei Röse-Gottlieb und auch bei Soxhlet ausgeschlossen.

Refraktometrische Fettbestimmung nach Wollny [74—79]. Dieses Verfahren verlangt eine nach Vorschrift hergestellte Ätherfettlösung; es gibt ebenso wie die Gerbersche Methode zuverlässige Resultate, ist aber umständlicher und daher nicht im allgemeinen Gebrauch. Es beruht auf der Annahme, daß der Brechungsexponent des Milchfettes durch die verschiedenen für die Milchproduktion in Betracht kommenden Umstände (Rasse, Fütterung usw.) keine oder doch nur eine unwesentliche Beeinflussung erfährt.

Berechnung des Fett- und Trockensubstanzgehaltes. Das spezifische Gewicht der Milch ist abhängig von der Menge der in der Milch

vorhandenen Bestandteile: Wasser, Fett und Nichtfett. Da nun die spezifischen Gewichte von Fett und Nichtfett (Eiweißstoffe, Milchzucker usw.) nur innerhalb enger Grenzen schwanken, Fett (0,9228—0,9369), Nichtfett im Mittel 1,6, so bestehen bestimmte Beziehungen zwischen spezifischem Gewicht der Milch und dem Gehalt an Fett und Trockensubstanz, für die Fleischmann [80] folgende Formeln angegeben hat.

$$t \text{ (Trockensubstanz)} = 1,2\,f + 2,665\,\frac{100\,S - 100}{S},$$

$$t \text{ (Fett)} = 0,833\,t - 2,22\,\frac{100\,S - 100}{S},$$

$$S \text{ (spez. Gew. der Milch)} = \frac{1000}{1000 - 3,75\,(t - 1,2\,f)}.$$

Diese Formeln haben verschiedene Abänderungen erfahren, die durch den der Berechnung zugrunde gelegten Wert für das spezifische Gewicht des Milchfettes bedingt sind. Halenke-Möslinger [81] haben die von Clausnitzer und Mayer angegebene Formel durch die Annahme, daß 1 Proz. Nichtfett das spezifische Gewicht der Milch um 0,004 erhöhe, vereinfacht:

$$f = 0,8\,t - \frac{S - 1}{0,005} \quad \text{oder} \quad = 0,8\,t - \frac{L}{5}.$$

L = Laktodensimetergrade. Daraus ergibt sich für den fettfreien Trockenrückstand $r = \frac{f + s}{4}$. Die nach diesen Formeln berechneten Werte für die Trockensubstanz werden bei geringem Fettgehalt etwa um 0,2 kleiner gefunden, als nach Fleischmann, nähern sich aber mit zunehmendem Fettgehalt den Fleischmannschen Werten; durchwegs eine Korrektur von +0,2 anzubringen, ist daher unrichtig.

Diese Formeln ermöglichen eine genaue Kontrolle der Einzelnbestimmungen.

Mineralbestandteile. 10—20 g Milch werden in einer Platinschale unter Zusatz von Alkohol oder Essigsäure (koagulieren) zur Trockene verdampft und vorsichtig verascht (kleine Flamme). Einzelne Bestandteile der Asche, wie Kohlensäure, Phosphorsäure usw. werden nach den üblichen Methoden bestimmt.

Eiweißstoffe. Die Bestimmung der Gesamtmenge der Eiweißstoffe erfolgt nach Kjeldahl direkt in der Milch oder nach Ritthausen [82] durch vorhergehende Ausfällung der Eiweißstoffe mittels Kupfersulfatlösung aus neutraler oder schwach saurer Lösung. Der Niederschlag wird mit gesättigter Magnesiumsulfatlösung gewaschen und am besten nach Kjeldahl verbrannt ($N \times 6 \cdot 37$ = Stickstoffsubstanz).

Getrennte Bestimmung von Kasein, Albumin und Laktoprotein. Das Kasein wird von den beiden anderen Proteinen entweder durch Aussalzen mit festem Magnesiumsulfat [83] oder einer gesättigten Lösung von Alaun [84] oder durch Ansäuern mit Essigsäure und Einleiten von Kohlensäure [85] aus der 3—5fach mit Wasser verdünnten Milch (im letzteren Fall 20fach) getrennt. Der Niederschlag wird auf einem Filter von bekanntem Stickstoffgehalt gesammelt, mit der Salzlösung gewaschen und nach Kjeldahl verbrannt ($N \times 6 \cdot 37$ = Kasein). Im Filtrat wird durch Aufkochen das Albumin abgeschieden, dieses in gleicher Weise abfiltriert, mit Wasser ge-

waschen und nach Kjeldahl der Stickstoff bestimmt. Auch aus der Differenz des Gesamtstickstoffs und des Kaseinstickstoffs kann die Menge des Albumins festgestellt werden, wenn das Filtrat vom Albumin stickstofffrei ist. Sonst ist auch darin der Stickstoff zu ermitteln.

Milchzucker. a) Gewichtsanalytisch. Vorbereitung wie bei der Eiweißbestimmung nach Ritthausen (siehe oben). Man füllt die Flüssigkeit samt Niederschlag auf 500 ccm auf, filtriert durch ein trockenes Filter, setzt 100 ccm des Filtrats zu 50 ccm kochender Fehlingscher Lösung, hält 6 Minuten im Sieden und filtriert das ausgeschiedene Kupferoxydul durch ein Asbeströhrchen. 1 mg Kupfer annähernd 0,73 mg Milchzucker (siehe Tabellen in Lehr- und Handbüchern für Nahrungsmittelchemie). Zweckmäßig unterläßt man die Reduktion zu metallischem Kupfer und führt durch Erhitzen im Luftstrome das Oxydul in Oxyd über. Da die Tabellen auf metallisches Kupfer berechnet sind, so ist das gewogene Kupferoxyd durch Multiplikation mit 0,8 auf Kupfer umzurechnen.

Scheibe fällt, weil Kalksalze die Zuckerbestimmung beeinflussen, diese zuvor mit Fluorkalium aus [86].

b) Refraktometrische Bestimmung nach R. Wollny [87]. 5 ccm Milch werden mit 5 Tropfen einer 4prozentigen Chlorkalziumlösung versetzt, das Fläschchen mit Kork und Schnur verschlossen und 10 Minuten lang im kochenden Wasserbad erhitzt. Nach dem Erkalten wird etwas Serum in ein mit Watte versehenes Röhrchen aufgesaugt (filtriert) und ein Tropfen des klaren Serums im Refraktometer bei 17,5 Proz. beobachtet. Die dem abgelesenen Skalenteil entsprechende Milchzuckermenge ist aus der Tabelle zu ersehen. Diese Methode gibt bei Kuhmilch hinreichend genaue Resultate.

Skalenteile	Milchzucker Proz.	Skalenteile	Milchzucker Proz.	Skalenteile	Milchzucker Proz.
3,1	1,75	8,0	4,28	13,0	6,81
4,0	2,23	9,0	4,79	14,0	7,33
5,0	2,75	10,0	5,30	15,0	7,84
6,0	3,26	11,0	5,80		
7,0	3,77	12,0	6,30		

Die von Scheibe angegebene polarimetrische Bestimmung des Milchzuckers wird von mehreren Autoren als ungenau bezeichnet.

Säuregehalt der Milch. Säuregrade nach Soxhlet-Henkel = Anzahl Kubikzentimeter $\frac{n}{4}$-Lauge, die für Neutralisation von 100 ccm Milch verbraucht werden. Indikator Phenolphtalein.

Salpetersäure. Nachweis mit Diphenylamin-Schwefelsäure nach Möslinger [88]. 100 ccm Milch werden mit 1,5 ccm 20proz. Chlorkalziumlösung versetzt, aufgekocht und filtriert. Von dem Filtrat wird ein halber Kubikzentimeter zu 2 ccm Diphenylaminlösung, die sich in einem Porzellanschälchen befindet, tropfenweise zugesetzt, ohne zu mischen. Gelindes Schwenken befördert den Eintritt der Reaktion (Blaufärbung).

Die Diphenylaminschwefelsäure wird hergestellt durch Auflösen von 20 g Diphenylamin in 20 ccm verdünnter Schwefelsäure (1 + 3), die Lösung wird mit konzentrierter Schwefelsäure auf 100 ccm gebracht. Dieses Reagens ist vorsichtig geschützt vor der Laboratoriumsluft aufzubewahren. Meist wird das Reagens vor dem jedesmaligem Gebrauch durch Auflösen einiger

Milligramm Diphenylamin frisch hergestellt. Bei der Anstellung dieser Reaktion ist ihrer Empfindlichkeit wegen die größte Vorsicht zu beobachten. Ackermann [89] versetzt 10 ccm Milch mit 2 Tropfen der 20proz. Chlorkalziumlösung, schüttelt durch und erwärmt im kochenden Wasserbade. Das klare Serum wird abgegossen und wie oben weiter geprüft.

Nachweis mit Formaldehyd. Fritzmann setzt zu 11 ccm Milch 10 ccm einer etwas Formaldehyd enthaltenden Schwefelsäure (1,82). Nitrate und Wasserstoffsuperoxyd geben eine blauviolette Färbung. Durch Überschichten von Schwefelsäure auf die mit Formalin versetzte Milch entsteht bei Gegenwart von Salpetersäure ein farbiger Ring (Siegfeld u. Gerber).

Die Einwände, daß diese Nitratreaktionen durch Spuren von Stallmist oder Spülwasser hervorgerufen werden können, sind nicht stichhaltig, es sei denn, daß sehr viel Schmutz und ebensosehr viel Spülwasser in die Milch gekommen sind [90].

Schmutzgehalt der Milch. Eine genaue Methode zur Bestimmung des Schmutzes gibt es zurzeit nicht, da alle Verfahren nur den in Wasser unlöslichen Anteil des Schmutzes festhalten. Die Sedimentiermethoden sammeln die Schmutzteilchen entweder in dem Sedimentierglas von Späth von genügender Größe, um 1—2 Liter Milch aufzunehmen oder es wird an den Hals der Milchflaschen mit Kautschukschlauch ein Rohr befestigt, das an seinem unteren geschlossenen Ende verjüngt und kalibriert ist. Die Milchflasche wird mit dem Hals nach unten in ein Gestell eingehängt, der Milchschmutz sinkt nach abwärts und sammelt sich, durch Drehen der Flasche befördert, in dem Meßröhrchen an, wo an der Teilung die relative Menge abgelesen werden kann, wenn man nicht vorzieht, das Sediment zu trocknen und zu wägen. Dieses ist zweifellos vorzuziehen, da G. Fendler und O. Kuhn [91] durch genaue Gewichtsbestimmungen nachgewiesen haben, daß das durch freiwilliges Sedimentieren erhaltene Schmutzvolum ebensowenig wie das nach ihren Versuchen durch Zentrifugieren erhaltene eine richtige Schätzung des Schmutzgehaltes zuläßt. Diese Verfahren eignen sich, da sie ziemlich Zeit beanspruchen, nicht für die rasch auszuführende Tageskontrolle. Für diesen Zweck ist das Wattefilter von Bernstein zu empfehlen, welches gegenüber den ähnlichen Konstruktionen von Gerber und Henkel eine für unsere Zwecke geeignete große Filterfläche besitzt und einen annähernden kolorimetrischen Vergleich mit Schmutzproben bekannter Art zuläßt. Fendler und Kuhn halten ein solches Verfahren für zu ungenau und empfehlen als einfachstes Kriterium für die Verschmutzung der Milch den äußeren Befund. Milch, die so viel Schmutz enthält, daß sich aus einem halben Liter bei halbstündigem Stehen in hellen Glasgefäßen ein deutlich sichtbarer Bodensatz bildet, ist vom Verkehr auszuschließen.

Nachweis eines Wasserzusatzes. Dieser Nachweis wird geführt a) durch die Bestimmung des spezifischen Gewichts des Milchserums und b) des Brechungsvermögens.

a) 200—250 g Milch werden in einem Becherglas samt Glasstab abgewogen, 4—5 ccm 20proz. Essigsäure hinzugegeben und auf kochendem Wasserbad erwärmt, sodann nach erfolgter Koagulierung erkalten lassen und mit Wasser auf das ursprüngliche Gewicht aufgefüllt. Im Filtrat bestimmt man das spezifische Gewicht. Die Gerinnung kann auch durch Impfung mit saurer Milch oder Milchsäurebazillen durchgeführt werden. Bei spon-

taner Gerinnung wurde eine Verminderung der Trockensubstanz beobachtet, diese Fehlerquelle ist bei dem Verfahren mit Essigsäure ausgeschlossen.

b) Bestimmung des Brechungsvermögens. Nach Ackermann [92] wird ein vollständig klares Serum wie folgt erhalten: 30 ccm Milch werden in entsprechend großen Reagenzzylindern, die zweckmäßig mit einer Marke bei 30 ccm und Nummernschildchen versehen sind, mit 0,25 ccm Chlorkalziumlösung (d = 1,1375) versetzt, die in einer Verdünnung von 1 : 10 bei 17,5°, im Refraktometer eine Brechung von 26 Skalenteilen besitzt. Die Röhrchen werden mit Kühlrohr versehen 15 Minuten lang im kochenden Wasserbad erhitzt, das klare Serum nach dem Erkalten abgegossen und bei 175° C mittels des Eintauchrefraktometers die Brechbarkeit bestimmt, die bei normaler Milch zwischen 38,5 und 40,5 Skalenteilen des Instrumentes liegt. Zusätze von 5 Proz. Wasser setzen die Brechung bereits um 1,3 Skalenteile herab. Mai und Rothenfußer [94] sowie auch Kreis [95] und neuerdings Fendler, Borkel und Reidemeister [96] bestätigen die Angaben Ackermanns. Da die Milch des Niederungsviehes eine geringere Brechbarkeit zu besitzen scheint, so ist die für süddeutsche Verhältnisse angenommene Verdachtsgrenze von 37—38 für die Milch der Niederungsrassen niederer anzusetzen.

Nachweis gekochter Milch. Gekochte Milch enthält kein Laktalbumin. Salzt man daher nach Rubner [97] das Kasein aus, erwärmt auf 30—40°, so darf das Filtrat sich beim Erhitzen auf 85° nicht trüben.

In gekochter Milch sind die Oxydasen bzw. Reduktasen zerstört, Guajaktinktur, Diamidobenzol und p-Phenylendiamin bewirken daher bei Gegenwart von Wasserstoffperoxyd keine Blaufärbung, auch wird das Schardingersche Reagens nicht entfärbt.

2 ccm Milch werden mit 1 ccm der Formalinmethylenblaulösung [5 ccm gesättigte alkoholische Methylenblaulösung, 5 ccm 40proz. Formaldehydlösung und 190 ccm Wasser] versetzt und in warmem Wasser auf 40—50° erhitzt. Rohe oder nur schwach erhitzte Milch entfärbt das Methylenblau, bei gekochter Milch bleibt die Mischung längere Zeit blau.

Nachweis der Frische und Haltbarkeit der Milch. a) In Säuerung begriffene Milch gibt, mit dem gleichen Volum 68proz. Alkohol versetzt eine flockige Ausscheidung oder gerinnt beim Erhitzen ohne Zusatz.

b) Gärprobe. Die Milch wird in sterilisierten Gefäßen mit Watteverschluß bei 45° sich überlassen. Normale frische Milch ist nach 12^h noch nicht geronnen. (Hauptsächlich für Molkereien wichtig.)

Nachweis der Konservierungsmittel. Soda und doppeltkohlensaures Natron: Bei Gegenwart dieser beiden Salze oder anderer alkalisch reagierender Stoffe wie Borax, Kalkwasser färbt sich die Milch bei längerem Erhitzen auf kochendem Wasserbad gelbbraun.

Der quantitative Nachweis der Karbonate wird durch die Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Asche, die normal etwa 2 Proz. Kohlensäure enthält, geführt [98].

Borax und Borsäure. Die Milch wird mit Kalkwasser alkalisch gemacht, eingedampft, verascht und in der salzsauren Lösung der Asche mit Kurkumapapier oder durch Flammenfärbung auf Borsäure geprüft. Fluorverbindungen wie bei Fleisch.

Salizylsäure. Das Serum wird, wenn nötig, angesäuert, mit Äther-Petroläther ausgeschüttelt, der Äther bis auf einige Tropfen verdampft. der Rückstand mit Wasser aufgenommen und mit verdünnter Eisenchloridlösung geprüft.

Benzoesäure. Nach Meißl [99]. Die mit Kalk- oder Barytwasser alkalisch gemachte Milch wird bis auf den vierten Teil eingedampft, dann mit Gipspulver zur Trockene gebracht, der Rückstand fein zerrieben, mit verdünnter Schwefelsäure angefeuchtet und 3—4mal mit 50proz. Alkohol kalt ausgeschüttelt. Die alkoholische Lösung wird mit Barytwasser neutralisiert, eingeengt, mit Schwefelsäure sauer gemacht und nun mit Äther ausgeschüttelt, nach dessen Verdunsten die Benzoesäure in reinem Zustande erhalten wird. Um sie quantitativ zu bestimmen, wägt man den sorgfältig getrockneten Rückstand, sublimiert die Benzoesäure weg. Die Gewichtsdifferenz = Benzoesäure.

Zum qualitativen Nachweis dient die Eisenchloridreaktion (rötlichbrauner Niederschlag) bei Gegenwart eines Tropfens Natriumazetat oder die Bildung des Benzoesäureesters, beim Erhitzen mit konzentrierter Salzsäure und absolutem Alkohol, der sich durch seinen charakteristischen Geruch auszeichnet.

Saccharin. Das Serum wird mit Schwefelsäure angesäuert, mit Äther-Petroläther ausgeschüttelt. Der Ätherrückstand schmeckt süß, er wird weiter, wie bei künstlichen Süßstoffen angegeben, durch Überführung in Salizylsäure näher geprüft.

Wasserstoffperoxyd. Nach Rothenfußer [100] werden 10 ccm Milch oder Serum mit 10 Tropfen einer alkoholischen 2proz. Benzidinlösung und einigen Tropfen verdünnter Essigsäure versetzt. Entstehende Blaufärbung zeigt die Gegenwart von Wasserstoffperoxyd an. Werden 10 ccm Milch mit 10—15 Tropfen einer Lösung von Titansäure oder Vanadinsäure in verdünnter Schwefelsäure versetzt, so tritt bei Gegenwart von Wasserstoffperoxyd eine gelbe bzw. rote Färbung auf.

Empfindlichkeit 0,01 g in 100 Milch.

Formaldehyd. Der Nachweis geschieht entweder in der Milch selbst oder in dem durch Destillation im Wasserdampfstrom erhaltenen Destillat nach den bei Fleisch vorgeschriebenen Methoden (193). Milch, die Formalin enthält, wird durch das Schiffsche Reagens (mit schwefliger Säure entfärbte Fuchsinlösung) rot gefärbt, die Färbung muß aber auf Zusatz einiger Tropfen einer Lösung von schwefliger Säure bestehen bleiben.

Milch, über Schwefelsäure geschichtet, die Spuren von Nitrate enthält, gibt nach Hehner [101] an der Berührungsstelle einen blauen Ring. (Umgekehrte Reaktion von Fritzmann, Empfindlichkeit 1:200000). Da Azetaldehyd diese Reaktion nicht gibt, so ist diese Prüfung dem Verfahren mit Schiffschem Reagens, das ein allgemeines Aldehydreagens ist, vorzuziehen.

Die Reduktion ammoniakalischer Silberlösung durch Formaldehyd ist für den Nachweis von Formalin unsicher, da Milch, besonders in Säuerung begriffene Milch, für sich bereits Silberlösung reduziert (Hehner [102] und Farnsteiner [103]).

Sehr brauchbar ist das von C. Arnold und C. Mentzel [104] angegebene Verfahren. 10 ccm Milch werden mit 10 ccm Alkohol tüchtig durchgeschüttelt,

nach einigem Absetzen filtriert und zu 5 ccm des noch trüben Filtrats 0,03 g festes Phenylhydrazinchlorid, 4 Tropfen Ferrichlorid und unter Abkühlen 12 Tropfen konzentrierte Schwefelsäure allmählich zugegeben. Bei Anwesenheit von Formalin tritt sofort Rotfärbung auf. Reine Milch färbt sich nur gelb. Empfindlichkeit 1:10000.

Nachweis von Zuckerkalk. Nach E. Baier und P. Neumann [105] täuscht dieser Zusatz einen höheren Fettgehalt vor und wirkt als Entsäuerungsmittel. Hauptsächlich aber erhöht er die Schlagfähigkeit des Rahms und ermöglicht in weitaus kürzerer Zeit die Herstellung eines haltbaren Schlagrahms. Rohrzucker gibt mit einer Lösung von Ammoniummolybdat und Salzsäure eine tiefblaue Färbung (Cotton [106]); die diese Reaktion störenden Eiweißstoffe usw. fällen sie mit Uranazetat aus. 25 ccm Milch werden mit 10 ccm einer 5proz. Uranazetatlösung versetzt, filtriert und 10 ccm des klaren Filtrats mit 2 ccm gesättigter Ammonmolybdatlösung und 8 ccm 3proz. Salzsäure vermischt und 5 Minuten auf 80° erhitzt.

Rothenfußer [107] fällt mit ammoniakalischem Bleiessig und entfernt damit auch den Milchzucker. Zum Nachweis des Rohrzuckers wird das farblose Filtrat (3—4 ccm) mit dem doppelten Volum des Diphenylamin-Reagens (20 ccm 5proz. alkoholische Diphenylaminlösung, 60 ccm Eisessig und 120 ccm Salzsäure 1 + 1) versetzt und im kochenden Wasserbad erhitzt. Bei 0,05 Proz. Saccharose tritt nach 10 Minuten deutliche Blaufärbung ein.

Mehl. Zugesetztes Mehl im verkleisterten Zustande wird durch Jod nachgewiesen.

Prüfung auf Blutkörperchen und Eiter usw. Der Nachweis solcher Beimengungen ist durch das Mikroskop zu führen. Zweckmäßig werden die suspendierten Verunreinigungen durch Zentrifugieren angereichert.

Eiterprobe (Milchleukozytenprobe) nach Tromsdorf. 5 ccm Milch werden in kleine Zentrifugierröhrchen, deren kapillarer Ansatz eine Teilung von 0,01—0,02 ccm besitzt, in einer Zentrifuge mit etwa 1200 Umdrehungen mindestens 2 Minuten lang ausgeschleudert. Bei normaler Milch soll die Menge des Bodensatzes 1 ‰ nicht übersteigen, bei 2 ‰ ist Eiterentzündung anzunehmen.

Verfälschungen und Beurteilung.

Die gebräuchlichsten Verfälschungen bestehen in Entrahmung, Wasserzusatz und in der Verbindung dieser beiden. Zusatz von Mehl, Farbstoffen und Konservierungsmitteln sind vereinzelt anzutreffen:

a) Durch die Entrahmung wird das spezifische Gewicht der Milch und des Trockenrückstandes erhöht, der Fettgehalt der Trockensubstanz erniedrigt, die Menge der fettfreien Trockensubstanz, das spezifische Gewicht des Serums und dessen Lichtbrechbarkeit dagegen erleiden keine Veränderung.

b) Wasserzusatz. Das spezifische Gewicht der Milch und des Serums, der Fettgehalt, die fettfreie Trockensubstanz, das Lichtbrechungsvermögen des Serums werden herabgesetzt.

c) Kombinierte Fälschung. Da durch Fettentzug das spezifische Gewicht für je 1 Proz. Fett etwa um 0,001 zunimmt, durch Wasserzusatz um etwa 0,003 vermindert wird, so kann bei geschickter Fälschung das spezifische Gewicht der Milch normale Werte besitzen; alle andern unter a und b erwähnten Veränderungen werden aber eingetreten sein. Um die Größe dieser Veränderungen feststellen zu können, ist die Kenntnis der un-

veränderten Milch notwendig (Stallprobe); nur in außerordentlich krassen Fällen oder bei Mischmilch großer Stallungen wird für die Beurteilung die mittlere Zusammensetzung der Milch der Gegend heranzuziehen sein. Bei Milch einzelner oder weniger Tiere ist die Stallprobe unerläßlich.

In den nachstehenden von J. Herz [108] angegebenen Formeln, deren Ableitung in der angegebenen Quelle nachgesehen werden möge, bedeutet:

W das zu 100 Milch zugesetzte Wasser, w das in 100 Milch enthaltene zugesetzte Wasser,

φ das aus 100 Milch weggenommene Fett.

r_1 und r_2 die fettfreie Trockensubstanz der Stallprobe und Marktprobe.

f_1 und f_2 den Fettgehalt der Stallprobe und Marktprobe.

Ist $\left.\begin{matrix} r_1 = r_2 \\ f_1 > f_2 \end{matrix}\right\}$ liegt einfache Entrahmung vor, φ annähernd $= f_1 - f_2$.

Ist $\varphi = o$, r_1 aber größer als r_2, so hat nur Wasserzusatz stattgefunden.

Ist φ ein positiver Wert, r_1 größer als r_2, dann liegt kombinierte Fälschung vor.

a) $\varphi = f_1 - f_2 + \frac{f_2 (f_1 - f_2)}{100}$ Diese Formel berücksichtigt die Veränderung des Volumens der ursprünglichen Milch durch den Fettentzug.

b) $w = \frac{100 (r_1 - r_2)}{r_1}$

$$W = \frac{100 (r_1 - r_2)}{r_2}$$

c) Einfachere Formel $\varphi = f_1 - \frac{100 f_2}{100 - w}$

genaue Formel, in welcher $100 - w = M$ gesetzt ist, lautet

$$\varphi = f_1 - \frac{\left(100 - \frac{M f_1 - 100 f_2}{M}\right) \cdot \left(f_1 - \frac{M f_1 - 100 f_2}{M}\right)}{100}.$$

Der nach der einfachen Formel berechnete Fettentzug wird nur um einige Hundertstel Prozente größer gefunden, als nach der zweiten Formel, was für die Beurteilung des Fettentzugs in der Praxis, auch gerichtlichen Praxis, vollkommen gleichgültig ist.

Ähnliche Formeln sind außerdem noch von H. Vogel [109], G. Ambühl, G. Recknagel [110] u. a. aufgestellt worden. Entrahmte Milch ist zu beanstanden, wenn sie als Vollmilch in den Verkehr gebracht wird, gewässerte Milch ist immer als verfälscht zu bezeichnen.

Unveränderte Milch anomaler Zusammensetzung wird unter Umständen als minderwertig zu beurteilen sein.

Milch anderer Tiere darf nur unter Kennzeichnung ihrer Herkunft in den Verkehr gebracht werden. Milch mit Säuregraden über 10, ebenso Milch, die bei der Alkoholprobe gerinnt, kann nicht als frische Milch angesehen werden. Milch oder Rahm, die vorher erhitzt waren, sind zu kennzeichnen.

Als verdorben zu bezeichnen ist blaue, rote, fadenziehende, mit Schmutz verunreinigte Milch und Milch mit sonstigen Milchfehlern (siehe oben). Ebenso

darf Kolostrummilch (Biestmilch), Milch kranker Tiere nicht in den Verkehr gebracht werden.

Marktkontrolle. Wie aus der Zusammenstellung der Fälschungen ohne weiteres zu ersehen ist, wird die vielerorten übliche Marktkontrolle mittels des Laktodensimeters nur einen kleinen Teil der Fälschungen treffen, vorsichtige Fälschungen müssen ihr entgehen. Die einzig richtige Kontrolle ist die durch das Laboratrium ausgeübte. Der Wert der letzteren Kontrolle gegenüber der Marktuntersuchung ist zahlenmäßig nachgewiesen.

Die Verfolgung einer festgestellten Milchfälschung wird vielfach dadurch sehr erschwert, daß die Milch vom Produzenten bis zum Konsumenten häufig durch verschiedene Hände geht. Konnte der Verkäufer an äußeren Merkmalen (Aussehen, spezifisches Gewicht) nicht die schlechte Beschaffenheit der Milch erkennen, dann kann er nach obergerichtlichen Erkenntnissen auch hierfür nicht verantwortlich gemacht werden. Zur Aufdeckung der Fälschung muß an die Zwischenhändler und zum Schluß an die Produzenten durch Entnahme von Übergangsproben und Stallproben herangetreten werden. Eine oft mühevolle, meist aber doch von Erfolg begleitete Arbeit, die aber nur mit Hilfe eines geschickten Polizeipersonals ausgeführt werden kann.

Literatur:

1) Virchow, Archiv patholog. Anat. 1876, **67**, 119.
2) Soxhlet, Journ. prakt. Chem. 1872, **6**, 18.
3) J. Lehmann, Sitzungsber. Bayer. Akad. Wissensch. 1877, 7./7.
4) Söldner, Landw. Versuchsst. 1889, **35**, 351; Courant, Arch. Physiol. **50**, 124.
5) Eugling, ebend. 1885, **31**, 391; Schaffer, Landw. Jahrb. d. Schweiz 1887.
6) Hammersten, Lehrb. d. Physiol. Wiesbaden 1899.
7) Sebelien, Zeitschr. Physiol. Chem. 1885, **9**, 445; Journ. of Physiol. 1891, **12**, siehe auch Hammersten, Hervlett u. Arthus, Röttger Nahrungsm.-Chem. 1910, S. 193.
8) Zeitschr. physiol. Chem. 1896, **21**, 373.
9) Sommerfeld, Handbuch d. Milchkunde. Wiesbaden 1909, S. 193.
10) Gutzeit, Landw. Jahrb. 1896, **24**, 539; Siedel, Zeitschr. Unters. Nahrungsm. 1902, **5**, 461.
11) Land. Vers.-Stat. 1876, **19**, 118.
12) Zeitschr. Unters. Nahrungsm. 1898, **1**, 81.
13) Zeitschr. physiol. Chem. 1900, **30**, 475.
14) Journ. prakt. Chem. 1877, **15**, 348.
15) Jahresber. f. Tierchemie 1891, S. 132.
16) Chem.-Zeitg. 1892, **16**, 1599.
17) Landw. Versuchsstat. 1891, **38**, 143 und 153.
18) Ebenda 1888, **35**, 351.
19) Chemie d. Nahrungs- und Genußm. 1904, II, 603.
20) Land. Versuchsstat. 1884, **31**, 35.
21) Ber. Tätigk. Milchwirtsch. Vers.-Stat. Raden. 1881.
22) Eugling, Forschungsber. Viehhaltung 1878.
23) Rep. anal. Chem. 1884, **4**, 202.
24) Zeitschr. Unters. Nahrungsm. 1908, **16**, 273; hier auch Literaturangaben.
25) Handbuch d. Käsereitechnik 1884, 18.
26) Milchzeitg. 1896, **25**, 652.
27) König, Die menschl. Nahrungs- und Genußm. 1904, II, 615.
28) Ber. landw. Inst. Königsberg 1900,
29) Schneidemühl, Animalische Nahrungsm. 1903, 751.
30) Siehe auch Henkel, Landw. Versuchsstat. 1895, **46**, 329; Morgen, ebenda 1898, **51**, 117; Dornic, Milchzt. 1896, **25**, 331; Osc. Stillich, Die Arbeit d. Kühe. Leipzig 1896.
31) Kirchner, Handb. d. Milchwirtschaft.
32) Arch. ges. Physiol. **30**, 602.
33) Kirchner, Handb. d. Milchwirtschaft.

34) König, Menschl. Nahrungsm. 1894, II, 611.
35) Richter, Wiener landw. Zeitung 1887, S. 47; König, Chem. Nahrungsm. 1904 S. 612; siehe auch Ackermann, Chem. Ztg. 1901, **25**, 1160.
36) Hüppe, Mitt. Kaiserl. Gesundheitsamt 1884, **2**, 355; Zangenmeister, Ztrbl. Bakteriol. 1, **18**, 321, I. Abt.
37) Lafar, Handb. Techn. Mykol. Jena 1905—1908. G. Fischer.
38) Ebenda.
39) Milchzeitg. 1890, **19**, 45.
40) Tuberkulosekongreß, London 1901.
41) König, Chemie d. menschl. Nahrungs- und Genußm. 1904, II, 598.
42) Siehe auch Fischer, Ziegenmilch und Ziegenbutter, Zeitschr. Unters. Nahrungsm. 1908, **15**. 1.
43) Zeitschr. f. phys. Chem. 1885, **9**, 591.
44) Österr. Chem.-Ztg. 1898, **1**, 5; siehe auch Salomin, Arch. Hyg. 1896, **28**, 43; Raudnitz, Handb. d. Milchkunde; P. Sommerfeld, Wiesbaden 1909, S. 201.
45) Zeitschr. f. Hyg. 1890, **8**, 207.
46) Rideal u. Foulerton, Zeitschr. Unters. Nahrungs- und Genußm. 1900, **3**, 640; Jules u. Stokes, Rev. internat. falsific. **6**.
47) Hyg. Ztrbl. **3**, 632; Kuhmilchkonservierung, Stuttgart-Leipzig 1907, Deutsche Verlagsanstalt.
48) Budde, Neues Verfahren z. Sterilisierung d. Milch; Tuberkulosis III; siehe auch Buddisieren der Milch, Milchztg. 1904 u. 1903, S. 359, 690.
49) Much u. Römer, Beiträge z. Klinik d. Tuberkulose 1906, **13**, 3.
50) Zeitschr. Unters. Nahrungs- und Genußmittel 1904, **8**, 605; siehe auch Baier u. Neumann, Ber. VII, Vers. Freien Vereinig. Deutsch. Nahrungsm.-Chem. 1908; Z. f. U. N.-M. 1908, **16**.
51) Ztrbl. f. Bakteriolog. II. Abt. 1900, **6**, 775; König, Chemie d. Nahrungsm. 1904, **2**, 742.
52) Ebenda 742.
53) Haccius, Milchzt. 1885, **14**, 19; Biel, Eiweißstoffe d. Kumys u. Kefirs, Petersburg 1886, 47; Bremer, Milchztg. 1887, **16**, 223; Weidmann, Zeitschr. Unters. Nahrungs- und Genußm. 1901, **4**, 57; König, Chemie d. Nahrungs- und Genußm. 1904, II, S. 747.
54) Ebenda 747.
55) Spolverini, Arch. d. Medicine des enfants 1901, **4**.
56) Ducleaux, Traité Mikrobiolog.
57) Anorgarnized, Ferments of Milk. Agr. Exper. Stat. 1897, S. 161; Milchw. Ztrbl. 1908, **4**, 156.
58) Österr. Chem.-Ztg. 1903, S. 1.
59) Grimer, Milchw. Ztrbl. 1909, **5**, 243.
60) v. Sommerfeld, Handbuch d. Milchk. Wiesbaden 1909, S. 309.
61) Bericht d. Jahresvers. freier Vereinig. Deutsch. N. Chem. 1907—1908; Zeitschr. U. N. d. M. 1907, **14**; 1908, **16**.
62) Ber. IV. Vers. bayr. Chem. 1886, S. 10.
63) Die Azidbutyrometrie als Universalfettbestimmungsmethode. Zürich 1892, Selbstverlag; siehe auch Wieske, Zusammenstellung der Literatur, Zürich 1903.
64) Landw. Versuchsstation 1892, **40**, 6; Röse, Zeitschr. angew. Chemie 1888 I, 100.
65) Milchzeitg. 1907, **36**, 352.
66) Ebenda, 1898, **27**, 33.
67) Röse, Br. Zeitschr. angew. Chem. 1888, **1**, 100.
68) E. Gottlieb, Landw. Vers.-Stat. 1892, **40**, 1.
69) Röhrig, Z. U. N. 1905, **9**, 531.
70) Rieter, Chem. Z. 1906, **30**, 531.
71) Farensteiner, Z. U. N. 1904, **7**, 105.
72) Soxhlet, Z. Landw. Vers. Bay. 1880, S. 659.
73) Ebenda 1882, 18.
74 u. 75) Naumann, Milchztg. 1900, **29**, 53 usf.
76) Hals u. Gregg, ebenda 1902, **31**, 433.
77) Baier, Molkereiztg. 1905, **15**, 386.
78) Schrott u. Fichtel, Milchw. Ztrbl. 1906, **2**, 13.

79) Baier u. Neumann, Z. U. N. 1907, **13**, 396.
80) Z. f. Landw. 1885, S. 221.
81) Ber. d. Vers. bayer. Vertr. angew. Chemie 1886, S. 110.
82) Zeitschr. analyt. Chem. 1878, **17**, 241.
83) J. Sebelien, Z. f. physiol. Chem. 1889, **13**, 135.
84) A. Schloßmann, Z. f. physiol. Chem. 1896/7, **22**, 221.
85) Sommerfeld, Handbuch v. Milchk. Wiesbaden 1909, Bergmann, S. 276.
86) Z. anal. Chem. 1901, **40**, 1.
87) Von Wollny selbst nicht veröffentlicht; siehe Braun, Milchztg. 1903, **30**, 578 usf.
88) Ber. Vers. bayer. Vertr. angew. Chem. 1888, S. 82.
89) Schweiz. Wochenschr. f. Chem. u. Pharm. 1898, **34**, 285.
90) Röthenfußer, Z. U. N. 1909, **18**, 353.
91) Chem. Ztg. 1906, **30**, 441.
92) Z. U. N. 1907, **13**, 186; 1908, **16**, 586.
93) Mai u. Rothenfußer, ebenda 1908, **16**, 7.
94) Z. U. N. 1908, **16**, 14; 1909, **18**, 741.
95) Ebenda 1909, **18**, 739.
96) Ebenda 1910, **20**, 156.
97) Hyg. Rundschau 1895, S. 1021.
98) Soxhlet u. Scheibe, Zeitschr. anal. Chem. 1882, **21**, 549.
99) Zeitschr. anal. Chem. 1882, **21**, 531.
100) Z. U. N. 1908, **16**, 589.
101) Analyt. 1896, **21**, 94; Chem. Ztrbl. 1896, I, 1145.
102) Ebenda.
103) Forschungsberichte 1896, **3**, 363.
104) Z. U. N. 1902, **5**, 13.
105) Z. U. N. 1908, **16**, 57.
106) Chem. Ztrbl. 1898, **1**, 130.
107) Z. U. N. 1909, **18**, 135.
108) Chem.-Ztg. 1893, **17**, 836.
109) Hilger, Vereinbarung; J. Springer, Berlin 1885.
110) Ber. 6. Vers. bayer. Vertr. angew. Chem. 1887, S. 86.

Käse [1].

Käse ist die durch Lab oder Säure aus Milch gewonnene, vorwiegend aus Parakasein, Kasein und Fett bestehende, durch den Einfluß von Organismen mehr oder weniger eigenartig veränderte (Reifen) Zubereitung. Roh werden genossen Quark, Topfen, Ziegerkäse, unreif die meisten Weichkäse, reif die milden Käse und überreif die scharfen Käse. Die aus süßer Milch und Lab hergestellten Käse heißen Labkäse oder Süßmilchkäse, die aus saurer Milch gewonnenen Sauermilchkäse. Ziegerkäse oder Molkenkäse werden aus Labmolke durch Ansäuern und Kochen des ausgeschiedenen Milcheiweißes bereitet.

Dem Fettgehalt nach, d. h. je nachdem Rahm, Vollmilch, Magermilch oder Gemische verwendet wurden, unterscheidet man Fettkäse und Magerkäse in verschiedenen Abstufungen.

Die Labkäse sind entweder Hartkäse oder Weichkäse und werden weiter nach der Herkunft der Milch in Kuh-, Ziegenkäse usw. oder nach ihrem Fettgehalt unterschieden.

A. Labkäse aus Kuhmilch: Allgäuer Rundkäse (voll- und halbfett), Schweizer- und Emmentalerkäse (vollfett), Holsteiner Marschkäse (vollfett, fett, halbfett), Greyerzerkäse (Gruyères), Sarrasin Roquefort und echter Roquefort (mager), Parmesankäse (halbfett), Edamer (fett, mager), Chesterkäse (vollfett) usw.

B. Weichkäse. Backsteinkäse, Rahmkäse, Romadur mit 40 Proz. Fett,

Camenbert, Brie- und Neufchâtellerkäse, ursprünglich vollfett, werden jetzt auch sogar mager hergestellt, Gervaiskäse ist überfetter Käse (Rahm), Stracchino (voll- und halbfett), echter Limburger (voll-, halbfett und mager) usw.

C. Labkäse aus Ziegen-, Schaf- und anderer Milch. Gewöhnlicher Ziegenkäse; unter den Schafkäsen sind zu nennen: Liptauerkäse, Roquefortkäse (Fettkäse).

D. Sauermilchkäse, aus saurer Magermilch, vielfach unter Zusatz von Buttermilch. Zu den bekanntesten Käsesorten gehören die Mainzer Handkäse, die Harzerkäschen, Kümmelkäse, Olmützer Quargel, Topfenquark, Steirerkäse usw.

E. Molkenkäse.

F. Ziegenkäse.

		Wasser	Stickstoffsubstanz	Fett	Milchzucker	Asche [2]
Rahmkäse:	Neufchâteller und Gervaiskäse . .	42,65	14,20	42,33	0,20	1,10
	Briekäse	49,79	18,97	26,87	0,88	4,54
	Stracchino . . .	38,01	23,39	34,04	—	4,70
Fettkäse:	Chesterkäse . . .	33,96	27,68	27,46	5,89	5,01
	Edamerkäse . . .	36,64	25,68	29,03	3,54	5,11
	Emmentalerkäse .	34,38	29,49	29,75	1,46	4,92
	Gorgonzolakäse .	37,54	25,98	30,57	1,65	4,26
	Vorarlbergerkäse .	34,37	28,09	29,76	2,13	5,55
Halbfette:	Greyerzer (Gruyèrekäse	36,41	30,14	28,72	0,74	3,99
	Battelmast (Vorarlberg)	47,71	22,99	24,08	2,35	2,87
Magerkäse:	Dänischer Exportkäse	45,99	30,01	13,41	5,10	3,63*)
	Oberengadinerkäse	43,99	44,62	7,74	—	3,64
	Parmesankäse . .	31,82	40,56	19,34	1,99	6,29
Sauerkäse:	Topfen (Bayern, Österreich) . . .	60,27	24,84	7,33	3,54	4,02
	Sächsische Quargeln	76,39	17,17	3,07	2,35	1,04
	Olmützer „	48,51	39,53	5,53	0,09	6,34
	Mainzer Handkäse	53,74	37,33	5,55	—	3,38
	Vorarlberger Zieger	63,78	25,98	4,58	3,07	2,50
Schafkäse:	Roquefort	31,61	26,47	33,13	3,20	5,59

Die Milch wird durch das Enzym des Kälbermagens, das entweder in Form des frischen Magens, als Pulver oder Extrakt angewendet wird, zum Gerinnen gebracht (Labkäse) oder durch freiwillige Säuerung, oder durch Zusatz von saurer Milch (Sauermilchkäse). Die Labausscheidung (Bruch) besteht aus Parakaseinkalk (siehe Milch 202), der durch Milchsäure ausgeschiedene Bruch aus Kasein. Der abgeschiedene Bruch enthält reichlich Milchbestandteile und Wasser; durch Bearbeitung des Bruchs oder Quarks wird die Flüssigkeit mehr oder weniger daraus entfernt, je nachdem Hart- oder Weichkäse hergestellt werden sollen.

Die Reifung, die nun der Käse durchzumachen hat, ist ein biologischer Vorgang, der durch die Milchsäurebildung aus dem Milchzucker eingeleitet wird und der Hauptsache nach in einer durch Bakterien und Enzyme veranlaßten Umwandlung des Kaseins und des Fettes besteht, wobei neben

*) Mit 186 Proz. Kochsalz.

peptonähnlichen Abbauprodukten, Amidosäuren (Leuzin, Tyrosin), Ammoniak, freie Fettsäuren und Alkohole gebildet werden, die in ihrer Gesamtheit Geruch und Geschmack des Käses bedingen [2].

Das Fett wird in freie Fettsäuren und Glyzerin gespalten, die flüchtigen Fettsäuren, die mit zunehmender Reife abnehmen, werden entweder verdunstet oder von den Bakterien aufgezehrt; das Glyzerin scheint durch Bakterientätigkeit in aldehyd- oder ketonartige Verbindungen übergeführt oder sonst verbraucht zu werden, da in reifen Käsen Glyzerin noch niemals nachgewiesen werden konnte.

Käsefehler. Unregelmäßig gestaltete, geplatzte, rissige, mißfarbige, ebenso aufgeblähte, schmierige und bröcklige Käse sind fehlerhaft. Die Gasentwicklung ist durch starkes Auftreten von Koli- und aerogener Arten, auch Hefen veranlaßt. Im Gegensatz zu den gelochten Käsen besitzt der „Gläsler“ keine Lochung, ist aber geschmacklich normal.

Geschmacksfehler sind: bitter, seifig, talgig, sauer, ranzig, faulig. Der bittere Geschmack soll nach Freudenreich auf die Gegenwart peptonartiger Produkte, die durch den Micrococcus casei amari gebildet werden, zurückzuführen sein.

Blauer, grüner, roter Käse. Die manchmal durch die ganze Käsemasse auftretende Färbung ist durch Bildung von Eisensulfid veranlaßt; in grünen Käsen hat man Kupfer nachgewiesen. Treten die Färbungen nur in Flecken auf, so sind meist Bakterien oder Schimmelpilze die Ursache. Blaue Flecken erzeugt Bact. cyaneofuscus, rote Flecken die sogenannten roten Käsemikrokokken, gelbe Flecken Oidium aurantiacum usw.

Das Schwarzwerden ist auf die Entwicklung schwarzbraun gefärbter Kolonien von Schimmelhefe, schwarzer Hefe, Schimmelpilze zurückzuführen.

Käsegift. In alten Käsen, wahrscheinlich als Stoffwechselprodukte von Koliarten, finden sich vereinzelt gesundheitsschädliche Stoffe, wie das von Vaughan isolierte Tyrotoxikon [3].

Margarinekäse werden hergestellt aus der sogenannten künstlichen Vollmilch, die wieder durch Emulgieren von Mager- oder Zentrifugenmilch mit Fett gewonnen wird (Windisch [4]).

Verfälschungen des Käses und Beurteilung [5].

Als Zuwiderhandlungen gegen das Nahrungsmittelgesetz und das Gesetz vom 15. Juli 1897 oder eines von beiden können in Frage kommen:

1. die Unterschiebung von Margarinekäse als Käse;
2. der Verkauf und das Feilhalten von Magerkäse als halbfette Käse, Fettkäse oder Rahmkäse, sowie der von halbfetten und Fettkäsen als Rahmkäse.

Die verschiedenen Käsesorten werden teils nur in einer, teils in mehreren Fettgehaltsstufen hergestellt. Man unterscheidet Rahmkäse, vollfette Käse, fette, halbfette und Magerkäse. Zwischen fetten Käsen und Magerkäsen gibt es außer den halbfetten Käsen noch weitere Fettgehaltsstufen, wie $^1/_3$, $^1/_4$ usw. fette Käse.

Rahm- oder Sahnenkäse sind Käse, welche aus Rahm bzw. aus Vollmilch mit einem Zusatz von Rahm bereitet sind, z. B. Gervaiskäse; auch Stilton, Stracchino und Markaspone werden teilweise mit Zusatz von Rahm oder aus sogen. überfetter, d. h. sehr fettreicher Milch bereitet.

Vollfette Käse sind aus Vollmilch oder aus Milch von Durchschnitts-

fettgehalt der betreffenden Gegend bereitete Käse (Emmentaler, Gonda, Camembert).

Unter Fettkäsen sind solche zu verstehen, die nach der landesüblichen Bereitungsweise aus schwach abgerahmter Milch oder aus einem Gemisch von Vollmilch und halb abgerahmter Milch hergestellt sind, wie der (aus sogenannter 12stündiger Abendmilch und abgerahmter Morgenmilch bereitete) Edamer, der Greyerzer (aus $^3/_4$ fetter Milch), der Roquefort (aus einem Gemenge von ganzer und schwach entrahmter Schafmilch).

Halbfette Käse sind aus einem Gemisch von gleichen Teilen Vollmilch und Magermilch oder dementsprechend entrahmter Milch bereitet. Halbfette Käse sind z. B. Parmesan- und Lodisanerkäse.

Magerkäse sind aus ganz entrahmter Milch hergestellte Käse.

Da der Fettgehalt der Käse je nach der Rasse der milchgebenden Tiere recht verschieden und auch von sonstigen Faktoren (z. B. der Ausarbeitung) abhängig ist, werden selbst die aus Vollmilch bereiteten Käse verschieden hohen Fettgehalt haben. Grenzzahlen für den Fettgehalt der Trockensubstanz und für das Verhältnis vom Fettgehalt zum Stickstoffgehalt anzugeben, ist infolge der Unvollständigkeit der Untersuchungsergebnisse zurzeit bei allen Fettgehaltsstufen der Käse noch nicht möglich. Auf Grund der bisher vorliegenden Zahlen wird man

a) bei Rahmkäsen einen Fettgehalt der Trockensubstanz von über 55 Proz. erwarten dürfen;

b) bei vollfetten Käsen würden die entsprechenden Zahlen 45 bis 55 Proz. sein;

c) Fettkäse werden zum Teil von bestimmtem Fettgehalt der Trockensubstanz hergestellt, so Edamerkäse mit einem Mindestfettgehalt von 40 Proz., Allgäuer Romadurkäse mit 30, 35 oder 40 Proz. (siehe unten);

d) für die halbfetten Käse sind Grenzzahlen noch nicht bekannt, doch dürfte der Fettgehalt der Trockensubstanz mindestens 25 Proz. betragen;

e) für den Fettgehalt der Magerkäse sind Grenzzahlen nach unten nicht gegeben.

Bei denjenigen Käsen, bei denen mehrere Fettgehaltsstufen bestehen — es ist sowohl in Deutschland wie in anderen Ländern Gebrauch, gewisse Käsesorten in verschiedenen Fettgehaltsstufen herzustellen — müssen diese durch eine entsprechende Bezeichnung wie Rahmkäse oder vollfette, $^3/_4$ fette, $^1/_2$ fette, $^1/_3$ fette Käse usw. kenntlich gemacht werden. So ist bei Gervaiskäse Rahmkäse die Normalware; werden Gervaiskäse aus Vollmilch oder Magermilch hergestellt, so sind sie dementsprechend zu bezeichnen. Bei Stilton, Stracchino, Mascarpone sind dagegen vollfette Käse die Normalware. In neuerer Zeit bürgert sich mehr und mehr der Gebrauch ein, für Sorten- und Markenkäse einen bestimmten Fettgehalt der Trockensubstanz zu garantieren, so wird z. B. der Emmentalerkäse aus einer Milch bereitet, welche auf einen Fettgehalt von 3,1—3,5 Proz. eingestellt ist, so daß der Käse einen Fettgehalt von 48 bis etwa 52 Proz. in der Trockensubstanz hat; ferner wird der Gondakäse auf einen Minimalfettgehalt von 45 Proz., der Edamerkäse von 40 Proz. in der Trockensubstanz gearbeitet. In Holland wird jetzt eine staatliche Kontrollmarke auch für Edamerkäse eingeführt, welche einen Fettgehalt von ebenfalls 45 Proz. in der Trockensubstanz garantiert. Die Allgäuer Weichkäse Romadur, Limburger, Weißlacker werden mit einem Fettgehalt der Trockensubstanz von mindestens 30, 35

und 40 Proz. hergestellt und in besonderer brauner bzw. roter oder blauer Umhüllung verkauft.

Nachgemachte ausländische Käse dürfen nicht unter Bezeichnungen oder Marken feilgeboten und in den Verkehr gebracht werden, welche eine Täuschung des Käufers bezwecken; doch gilt dies nicht für die Marken oder Herkunftsbezeichnungen als solche, da diese durchwegs Gattungsbezeichnungen geworden sind (Emmentaler, Edamer, Tilsiter, Camembert, Gervais). Wenn diese im Inlande hergestellt werden, sind an sie die gleichen Anforderungen zu stellen wie an die im Auslande hergestellten Käse.

An Käse mit Phantasienamen (z. B. Kaiser-, Schloß-, Schachtelkäse usw.) lassen sich im allgemeinen keine Anforderungen bezüglich des Fettgehaltes stellen.

3. Ein zu hoher Wassergehalt. Es kommt bei manchen frischen Käsesorten vor, daß sie in betrügerischer Absicht zu wasserreich gemacht werden; bei Käsen, welche eine Reifung durchmachen und haltbar sein sollen, verbietet sich ein solches Vorgehen von selbst. Magere Käse sind an sich wasserreicher als fette und ganz frische wasserreicher als etwas ältere.

4. Der Zusatz von stärkemehlhaltigen Stoffen (Kartoffelbrei usw.) und sonstigen minderwertigen organischen Stoffen, sowie der Verkauf und das Feilhalten von Käsen mit derartigen Zusätzen, sofern diese Zusätze nicht zur Herstellung besonderer Käsesorten (Kartoffelkäse usw.) dienen und deklariert sind.

5. Der Zusatz von anorganischen Stoffen, ausgenommen Kochsalz (z. B. von Gips, Kreide) und Konservierungsmitteln, sowie der Verkauf und das Feilhalten von derartig hergestellten Käsen. Gorgonzolakäse werden mit einer aus anorganischen Stoffen bestehenden Umhüllung versehen.

6. Die Herstellung, der Verkauf und das Feilhalten von Margarinekäsen ohne oder mit weniger als 5 Proz. Sesamöl in 100 Teilen Fremdfett oder mit Sesamöl von unvorschriftsmäßiger Beschaffenheit.

7. Der Verkauf oder das Feilhalten von verdorbenem Käse.

Ein Käse ist dann als verdorben zu bezeichnen, wenn er für den menschlichen Genuß nicht mehr geeignet ist. Mit Käsefehlern behaftete Käse sind nicht verdorben, ebensowenig überreife und angeschimmelte Käse.

Anmerkung. Üblich ist bei manchen Käsen das Färben; die hierzu verwendeten Farben müssen unschädlicher Natur sein. Als mehr oder weniger zufällige Beimengungen kommen vor: Spuren von Blei, Kupfer und Eisen, herrührend aus den Herstellungsgefäßen oder der Verpackung.

Untersuchungsmethoden.

1. Probenahme. Der zur Untersuchung gelangende Teil des Käses darf nicht nur der Rindenschicht oder dem inneren Teile entstammen, sondern muß einer Durchschnittsprobe entsprechen. Bei größeren Käsen entnimmt man mit Hilfe des Käsestechers senkrecht zur Oberfläche ein zylindrisches Stück, bei kugelförmigen Käsen einen Kugelausschnitt. Kleine Käse nimmt man ganz in Arbeit. Die zu entnehmende Menge soll mindestens 300—500 g betragen.

Die Versendung der Käseproben muß entweder in gut gereinigten, schimmelfreien und verschließbaren Gefäßen von Porzellan, glasiertem Ton, Steingut oder Glas oder in Pergamentpapier eingehüllt geschehen. Harte

Käse zerkleinert man vor der Untersuchung auf einem Reibeisen, weiche Käse werden mittels einer Reibekeule in einer Reibschale zu einer gleichmäßigen Masse verarbeitet.

2. Bestimmung des Wassers und der Trockensubstanz. 3—5 g der Käsemasse werden in einer Platinschale mit geglühtem Sande oder Bimssteinpulver so gut wie möglich vermischt, zuerst einige Tage im evakuierten Exsikkator und darauf im Dampftrockenschrank 8 Stunden lang getrocknet.

3. Die Bestimmung des Fettes. Die Extraktionsmethoden geben namentlich bei mageren Käsen zu niedrige Resultate. Bei Anwendung von Lauge als Lösungsmittel für den Käse erhält man nur das unzersetzte Käsefett. Will man auch die aus der Spaltung des einen Teiles des Käsefettes durch die Reifung entstandenen Fettsäuren erhalten, so muß Säure als Lösungsmittel angewendet werden.

Rasche und annähernde Resultate gibt mit Ausnahme von ganz mageren Käsen die Methode von N. Gerber, genaue dagegen die Methode von Schmid-Bondzynski in der Modifikation von E. Ratzlaff und das Verfahren von E. Polenske. (Fleisch, Seite 191.) Die Käsewage von Fr. J. Herz, bei welcher der Fettgehalt eines Käses aus seinem Verhalten zu bestimmten Salzlösungen beurteilt wird, hat nur für den Käsehändler usw. orientierenden Wert.

Methode von Bondzynski-Ratzlaff [6]. 3—5 g der Probe werden in einen runden, mit Kork verschließbaren Stehkolben von etwa 130 ccm Inhalt eingewogen, mit 10 ccm Salzsäure vom spez. Gewicht 1,125 versetzt und auf kleiner Flamme unter Umschwenken vorsichtig erhitzt. Bei allmählich eintretendem Sieden löst sich der Käse vollständig auf und die Flüssigkeit färbt sich braun. Die etwas abgekühlte klare Lösung wird noch warm, so daß das Fett noch flüssig ist, in das Röse-Gottliebsche Rohr gebracht, mit wenig heißem Wasser nachgespült und die Flüssigkeit im Rohr durch Einstellen in Wasser abgekühlt. Darauf wird der im Kölbchen verbliebene Fettrest durch aufeinander folgendes, von jedesmaligem kräftigem Umschütteln der Mischungen im Rohr unterbrochenes Ausspülen mit 10 ccm Alkohol (95proz.), 25 ccm Äther und 25 ccm Petroläther in das Rohr gespült und es wird weiter wie bei der Milchfettbestimmung verfahren mit dem Unterschied, daß zweimal abgehebert wird. Die Abheberung kann bereits nach etwa 3 Stunden erfolgen, nachdem die Ätherfettlösung klar geworden ist.

4. Bestimmung der Mineralstoffe und des Kochsalzes. Da bei der Veraschung des durchweg gesalzenen Käses Chlorwasserstoff entweicht, versetzt man die zur Untersuchung eingewogenen Mengen von 3—5 g mit ungefähr der gleichen Menge wasserfreiem Natriumkarbonat und erhitzt vorsichtig mit kleiner Flamme bis zur vollständigen Verkohlung, die Kohle einige Male auswaschend. Die Lösungen werden mit dem weißgebrannten Rest eingedampft, der Rückstand wird getrocknet und die zugesetzte Menge Natriumkarbonat in Abzug gebracht. Die filtrierte Lösung der Gesamtasche dient zur Bestimmung des Chlors bzw. Kochsalzes.

5. Untersuchung des Käsefettes auf seine Herkunft. Von der Probe werden, je nach dem Fettgehalte, 300—500 g mit Wasser zu einer Emulsion verrieben; diese bringt man mit einer größeren mit einem Zusatz

von Kalilauge versehenen Menge Wasser in einen Präparatenzylinder und schüttelt kräftig durch. Nach kurzem Stehen sammelt sich das ausgebutterte von den durch die Käsereifung entstehenden Fettsäuren freie Fett oben an, es wird abgenommen, mit kaltem Wasser bis zur neutralen Reaktion abgewaschen und das Butterfett auf den Zusatz von Fremdfetten untersucht.

6. Die Bestimmung der Stärke in stärkemehlhaltigem Käse erfolgt am zweckmäßigsten nach dem Verfahren von J. Mayrhofer zur Stärkebestimmung in Wurstwaren.

Literatur:

1) Siehe Vorschläge Fr. Ver. Deutsch. Nahrungsmittelchem. Kiel 1910, Berichterstatter H. Weigmann.
2) Windisch, Z. U. N. 1901, **4**, 1146; Arb. Kaiserl. Ges.-A. 1900, **17**, 281.
3) Z. physiol. Chem. 1886, **10**, 146.
4) K. Windisch, Margarinekäse, Arb. Kaiserl. Ges.-A. 1898, **14**, 506.
5) H. Weigmann, Vorschläge zu Vereinbarungen Fr. Ver. Deutsch. Nahrungsmittelchem. Kiel 1910.
6) Milchztg. 1903, **32**, 65; Ratzlaff, Z. anal. Chem. 1894, **33**, 186.

Tierische Fette, Butter, Margarine, Schweineschmalz usw.

Die tierischen und pflanzlichen Fette bestehen aus Glyzeriden der Fett- und Ölsäuren; die tierischen Fette hauptsächlich als Palmitin, Stearin und Ölsäure-Glyzerid, in der Butter sind noch niedere Fettsäuren enthalten, die pflanzlichen Fette enthalten außerdem noch die Glyzeride der Laurin- und Myristinsäure. Die im wesentlichen vielfach ähnliche, oft nur quantitativ verschiedene Zusammensetzung erschwert die Untersuchung und Charakterisierung ganz außerordentlich. Es werden daher neben den physikalischen Eigenschaften gewisse Gruppencharaktere, z. B. Gesamtmenge der flüchtigen löslichen Säuren, der flüchtigen unlöslichen Säuren, der nicht flüchtigen unlöslichen Säuren, der Verseifungszahl, das Jodadditionsvermögen zur Erkennung und Unterscheidung herangezogen. Diese Methoden werden zur Untersuchung fast sämtlicher Fette angewendet, es erscheint daher zweckmäßig, um Wiederholungen zu vermeiden, sie an dieser Stelle zu besprechen.

Einzelheiten müssen selbstverständlich in den Handbüchern der Nahrungsmittelchemie und Sonderwerken nachgesehen werden. Scharfgefaßte Vorschriften über die Ausführung der einzelnen Verfahren finden sich in der amtlichen Anweisung zur Untersuchung von Butter, Margarine und Schweinefett.

A. Physikalische Methoden.

1. Spezifisches Gewicht. Bei flüssigen Fetten bei 15° pykometrisch, bei festeren Fetten bei 100°, bezogen auf Wasser von 15°, im Pyknometer, der in kochendes Wasser eingetaucht wird, so daß nur der dünne Hals mit der Eichungsmarke hervorragt [1].

2. Schmelz- und Erstarrungspunkt. Die Bestimmung des Schmelzpunktes wird in dünnwandigen U-förmigen Glasröhrchen ausgeführt, das Fettsäulchen steht in beiden Schenkeln gleich hoch, das Röhrchen muß nach

der Füllung 2—3 Stunden auf nahezu 0^0 abgekühlt werden, damit das Fett seinen normalen Schmelzpunkt erlangt. Das Röhrchen wird am Thermometer befestigt, Fettschicht und Quecksilbergefäß müssen sich in gleicher Höhe befinden. Beide werden in ein etwa 3 cm weites, die Heizflüssigkeit enthaltendes Rohr eingesenkt. Um ein möglichst gleichmäßiges Ansteigen der Temperatur zu erzielen, kann dieses noch in ein mit Wasser gefülltes Becherglas, welches direkt erwärmt wird, eingestellt werden.

Erstarrungspunkt. In das mit geschmolzenem Fett gefüllte Kölbchen wird das Thermometer so eingeführt, daß die Quecksilberkugel sich etwa im Mittelpunkt des Kölbchens befindet; das Kölbchen selbst wird vor rascher Abkühlung geschützt, entweder durch Umhüllung oder dadurch, daß man es in ein Gefäß mit warmem Wasser einsetzt, wodurch ein sehr langsames Sinken der Temperatur erreicht wird. Der Erstarrungspunkt kennzeichnet sich dadurch, daß die Quecksilbersäule des Thermometers einige Zeit konstant bleibt oder sogar etwas ansteigt.

3. Brechungsvermögen. Die Bestimmung des Brechungsvermögens wird mit dem Butterrefraktometer von Zeiß-Wollny ausgeführt; dem Apparat ist eine genaue Gebrauchsanweisung beigegeben, auf die hier verwiesen werden kann.

B. Chemische Methoden.

1. Säuregrad, freie Fettsäuren. 5—10 g Fett werden in 30—40 ccm einer aus gleichen Teilen bestehenden Mischung von säurefreiem Alkohol-Äther, gelöst mit $n/_{10}$ Lauge, Indikator, Phenolphtalein, titriert. Säuregrad gleich ccm Normal-Kalilauge für 100 g Fett.

2. Bestimmung der flüchtigen in Wasser löslichen Fettsäuren, Reichert-[2]Meißl-[3]Zahl.

Es werden die aus 5 g Fett nach dem Verseifen und Zerlegung der Seife mittels Schwefelsäure durch Destillation erhaltenen flüchtigen Säuren mit n/10 Lauge titriert; die Reichert-Meißl-Zahl gleich Anzahl ccm n/10 Lauge für 5 g Fett. Sehr zu empfehlen ist das Verseifungsverfahren von Leffmann und Beam [4], welche statt der äthylalkoholischen Lauge, die den Nachteil besitzt, daß der Alkohol nur schwierig aus der Seife sich entfernen läßt, eine alkalische Glyzerinlösung benutzen.

5 g Butterfett werden mit 20 g Glyzerin und 2 ccm Natronlauge, besser Kalilauge versetzt (100 g NaOH in 100 Wasser) und unter beständigem Umschwenken über einer kleinen Flamme zum Kochen erhitzt. Die Mischung wird vollständig klar, wenn das Wasser verdampft und die Verseifung beendet ist. Die flüssige Seife wird auf etwa 80 bis 90 abgekühlt, mit 90 ccm heißem Wasser versetzt, gelöst, darauf 50 ccm verdünnte Schwefelsäure (25 ccm SO_4H_2 zu 1000), einige Stückchen Bimsstein dazugegeben und sofort das Kölbchen mit dem Kühler durch ein aufwärtsgebogenes Destillationsrohr verbunden. Man destilliert genau 110 ccm über, bestimmt mit n/10 Lauge die Azidität des Destillates, die Anzahl der verbrauchten ccm Lauge um $^1/_{10}$ vermehrt, gleich Reichert-Meißl-Zahl.

3. Nachweis von Kokosfett nach Polenske [5]. Das Verfahren ist hauptsächlich für den Nachweis von Kokosfett in Butter bestimmt und ist nur eine Erweiterung der Methode Reichert-Meißl.

Wenn das Destillat 110 ccm erreicht hat (siehe oben), so wird die Destillation unterbrochen; das Destillat wird auf 15° abgekühlt, hierbei wird der Aggregatzustand der ausgeschiedenen Säuren beobachtet, ob er aus einer festen oder halbweichen, trüben oder formlosen Masse oder aus klaren Öltröpfchen besteht, sodann wird das Destillat vorsichtig durchgemischt, durch ein trockenes Filter filtriert und in Filtrat, wie oben angegeben, die Reichert-Meißlsche Zahl bestimmt. Das Filter mit ausgeschiedenen Fettsäuren wird 3 mal mit je 15 ccm Wasser, die es bis zum Rande füllen, gewaschen; das Waschwasser wird zum Nachspülen des Kühlrohres und des an Stelle des 110-Kölbchens nach Beendigung der Destillation untergestellten Gefäßes und des 110-Kölbchens selbst benutzt. Wenn das letzte Waschwasser, dasselbe muß fast neutral sein, abgetropft ist, wird derselbe Vorgang in gleicher Weise dreimal mit je 10 ccm 90proz. Alkohol wiederholt.

In den drei vereinigten alkoholischen Filtraten sind die Fettsäuren gelöst, die Lösung wird mit n/10 Barytlauge und Phenolphtalein titriert. Die Zahl der verbrauchten ccm gleich Polenskezahl neue Butterzahl. Polenske fand in 31 Proben reinen Butterfettes 23,3 bis 30,1 Meißl-Zahl, 1,5—3,0 neue Butterzahl.

Vier Kokosfettproben ergaben 6,8 bis 7,7 Meißl-Zahl und 16,8 bis 17,8 neue Butterzahl. Es wird daher durch Kokosfett die Reichert-Meißlsche Zahl herabgesetzt und die Polenske-Zahl erhöht; Butter mit niederer Reichert-Meißl-Zahl hat auch niedere Polenske-Zahl. Auch eine quantitative Schätzung kann auf Grund der Beobachtung, daß ein Zusatz von 10 Proz. Kokosfett die P.-Zahl um 1 erhöht ausgeführt werden. Diese Beziehungen hat Polenske in einer Tabelle zusammengestellt, aus der für jede gefundene R.-M.-Zahl die höchst zulässige P.-Zahl entnommen werden kann. Da nun 10 Proz. Kokosfett die P.-Zahl um 1 erhöhen, so kann aus der Differenz der der R.-M.-Zahl entsprechenden P.-Zahl der Tabelle und der gefundenen P.-Zahl die Menge des Kokosfettes annähernd berechnet werden.

4. Verseifungszahl, Köttstorfersche Zahl. Die Verseifungszahl gibt die Menge Alkali in mg KOH an, die zur Verseifung von 1 g Fett gebraucht werden (näheres amtliche Anweisung zur Untersuchung der Fette).

5. Bestimmung der unlöslichen Fettsäuren (Hehnersche Zahl [6]). Sie gibt g unlösliche Fettsäuren in 100 g Fett an. Wird nur in seltenen Fällen ausgeführt.

6. Bestimmung der Jodzahl nach Hübl [7]. Die Jodzahl gibt die Menge Jod in Prozenten an, welche ein Fett zu addieren vermag. Die Fettsäuren der Stearinsäurenreihe addieren kein Jod, die der Ölsäurereihe 2 Atome, die der Leinölsäurereihe 4 Atome.

Erforderliche Lösungen.

1. Jodlösung. Es werden einerseits 25 g Jod, andererseits 30 g Quecksilberchlorid in je 500 ccm 95proz. fuselfreiem Alkohol gelöst, letztere Lösung, wenn nötig filtriert, und beide Lösungen getrennt aufbewahrt. Die Mischung beider Lösungen für jeden Versuch erfolgt zu gleichen Teilen und soll mindestens 48 Stunden vor dem Gebrauch stattfinden.

2. Natriumthiosulfatlösung. Sie enthält im Liter za. 25 g des Salzes. Die bequemste Methode zur Titerstellung ist die Vollhardsche:

3,8704 g wiederholt umkristallisiertes und nach Volhards Angabe geschmolzenes Kaliumbichromat löst man im Liter auf.

an gibt 15 ccm einer 10proz. Jodkalilösung in ein dünnwandiges Stöpselglas*), säuert mit 5 ccm konzentrierter Salzsäure an und verdünnt mit 100 ccm Wasser. Unter tüchtigem Umschütteln bringt man hierauf 20 ccm der Bichromatlösung hinzu. Jeder ccm derselben macht genau 0,01 g Jod frei. Man läßt nun unter Umschütteln von der Thiosulfatlösung zufließen, wodurch die anfangs stark braune Lösung immer heller wird, setzt, wenn sie nur noch weingelb ist, etwas Stärkelösung zu und läßt unter jeweiligem, kräftigem Schütteln noch so viel Thiosulfat vorsichtig zufließen, bis der letzte Tropfen die Blaufärbung der Jodstärke eben zum Verschwinden bringt. Die Bichromatlösung läßt sich lange unverändert aufbewahren und ist so stets zur Kontrolle des Titers der Thiosulfatlösung vorrätig, welche besonders im Sommer öfters auszuführen ist.

Berechnung: Da 20 ccm der Bichromatlöung 0,29 g Jod freimachen, wird die gleiche Menge Jod von der verbrauchten Anzahl ccm Thiosulfatlösung gebunden, daraus berechnet man, wieviel Jod 1 ccm Thiosulfatlösung entspricht. Die erhaltene Zahl, den Koeffizienten für Jod, bringt man bei allen folgenden Versuchen in Rechnung.

3. Chlorform; am besten eigens gereinigt.

4. 10 proz. Jodkaliumlösung.

5. Stärkelösung: Man erhitzt eine Messerspitze voll löslicher — nach Zulkowsky [8] bereiteter — Stärke in etwas destilliertem Wasser; einige Tropfen der unfiltrierten Lösung genügen für jeden Versuch.

7. Phytosterinprobe. Salkowsky [9] hat das Vorkommen von Phytosterin in Pflanzenfetten, von Cholesterin in tierischen Fetten erkannt, durch Bömers [10] Arbeiten jedoch ist diese Beobachtung erst zu einer Untersuchungsmethode ausgestaltet worden.

Hier soll nur das Phytosterinazetatverfahren angeführt werden: 100 g Fett werden mit 200 ccm alkoholischer Kalilauge (200 g KOH in ein Liter 70 proz. Alkohol) auf kochendem Wasserbade am Rückflußkühler verseift. Die Seifenlösung gibt man noch warm in einen Schütteltrichter von etwa 2 Liter Inhalt, in den man vorher schon 300 ccm Wasser zu geben hat und spült die im Kolben verbliebenen Seifenreste mit weiteren 300 ccm Wasser in das Schüttelgefäß. Nach genügender Abkühlung setzt man 800 ccm Äther hinzu, schüttelt den Inhalt eine halbe bis eine Minute kräftig durch, läßt die Schichten sich absetzen und trennt sie in üblicher Weise. Das Ausschütteln wird noch zwei bis dreimal mit 300—400 ccm Äther wiederholt, die ätherischen Auszüge zur Entfernung geringer Mengen von Seifenlösung filtriert und der Äther unter Zusatz von 1—2 Bimssteinstückchen aus einem geräumigen Erlenmeyerschen Kolben abdestilliert**). In den Destillationskolben bleiben in der Regel geringe Mengen Alkohol zurück, aus dem sich bei langsamem

*) Nach R. Sendtners Angaben von Jos. Greiner in München zu beziehen. Dieselben fassen 270 ccm und haben als Verschl. eingeschliffene Glasstöpsel. Sie ermöglichen infolge ihres geringen Gewichtes (40—50 g) und Umfanges das genaue Abwägen auf jeder analytischen Wage.

**) Um den Äther zu weiteren Ausschüttelungen verwenden zu können, befreit man ihn durch öfteres Ausschütteln mit Wasser von seinem Alkoholgehalt.

Erkalten bereits Cholesterin- bezw. Phytosterinkristalle abscheiden. Diesen Alkohol verjagt man durch Eintauchen des Kolbens in das kochende Wasserbad und Einblasen von Luft. Den Rückstand verseift man zur Entfernung etwa noch vorhandenen unverseiften Fettes nochmals mit 10 ccm obiger Kalilauge 5 bis 10 Minuten am Rückflußkühler, gibt den Kolbeninhalt wie oben in einen Scheidetrichter (unter Nachspülen mit 20—30 ccm Wasser) und schüttelt nach dem Erkalten 2 mal mit 100 ccm Äther aus. Wenn sich die Ätherlösung abgesetzt hat*), läßt man die untenstehende wäßrig-alkoholische Schicht abfließen und wäscht die Ätherlösung dreimal mit etwa 10 ccm Wasser. Nach dem Ablaufen des letzten Waschwassers filtriert man den Äther zur Entfernung geringer Wassermengen in ein kleines Becherglas und läßt den Äther langsam abdunsten. Trocknet man den Rückstand dann im Wassertrockenschranke, so erhält man einen meist festen, bei tierischen Fetten kristallinischen Rückstand, welcher das Cholesterin bezw. Phytosterin enthält.

Das so gewonnene Roh-Cholesterin bezw. Phytosterin löst man in möglichst wenig absolutem Alkohol, führt es unter Nachspülen mit geringen Mengen Alkohol in ein kleines Kristallisationsschälchen (mit flachem Boden von F. Hugershoff, Leipzig, Durchmesser 6 cm, bei späteren Kristallisationen 4 cm) über und läßt kristallisieren.

Die zuerst ausgeschiedenen Kristalle prüft man wie oben auf ihre Kristallform. Sodann verdunstet man den Alkohol wieder vollständig auf dem Wasserbade, setzt 2—3 ccm Essigsäureanhydrid (Acid. aceticum puriss. anhydricum Merk) hinzu — bei größeren Mengen von Pflanzenfetten ist mehr Essigsäureanhydrid zu verwenden —, erhitzt das mit einem Uhrglas bedeckte Schälchen auf dem Drahtnetze etwa eine viertel Minute zum Sieden und verdunstet nach dem Entfernen des Uhrglases den Überschuß des Essigsäureanhydrids auf dem Wasserbade. Darauf löst man den Inhalt des Schälchens unter Bedeckung mit einem Uhrglase mit geringen Mengen (10—25 ccm) absolutem Alkohol, fügt zur Entfärbung der Lösung eine Spur Tierkohle zu, filtriert durch ein kleines Filter, wäscht dies mit heißem absolutem Alkohol aus und überläßt das nun klare Filtrat anfangs (bis zum Erkalten, damit die Verdunstung nicht zu schnell erfolgt) unter Bedeckung mit einem Uhrglase der Kristallisation.

Nachdem die Hälfte bis zwei Drittel der Flüssigkeit verdunstet und der größte Teil des Esters auskristallisiert ist, filtriert man die Kristalle durch ein kleines Filter ab und bringt den in der Schale noch befindlichen Rest mit Hilfe eines kleinen Spatels und durch zweimaliges Aufgießen von 2—3 ccm 95proz. Alkohol gleichfalls auf das Filter. Das feuchte Filter wird zweckmäßig auf einem Tonteller möglichst von der Flüssigkeit befreit. Den Inhalt des Filters bringt man wieder in das Kristallisationsschälchen zurück, löst denselben je nach seiner Menge, in 2—10 ccm absolutem Alkohol und läßt wieder wie oben (anfangs bis zum Erkalten auf Zimmertemperatur unter Bedecken mit einem Uhrglase) kristallisieren.

Nachdem der größte Teil des Esters auskristallisiert ist, filtriert man abermals ab und kristallisiert weiter in derselben Weise so lange um, als die Menge des Esters ausreicht.

*) Bilden sich etwa 3 statt 2 Flüssigkeitsschichten, so gibt man noch etwas Wasser zu.

Statt des Abfiltrierens (durch kleine Filter) kann man auch etwa von der dritten Kristallisation ab, den Kristallbrei mittels eines Spatels auf die Mitte eines Stückchens glatten Filtrierpapiers auf einen Tonteller bringen, die Mutterlauge von diesem einsaugen lassen und dann die Kristalle zur Befreiung von der Mutterlauge mit einigen Tropfen 95 proz. Alkohols decken. — Läßt man bei den einzelnen Kristallisationen viel auskristallisieren, so reicht die Substanz eher für öftere Umkristallisation; andererseits aber erreicht man dadurch, daß man wenig auskristallisieren läßt, eine stärkere Anreicherung der Kristalle mit etwa vorhandenem Phytosterinester.

Von der dritten Kristallisation an bestimmt man den Schmelzpunkt des Esters und wiederholt diese Bestimmung bei jeder folgenden Kristallisation.

Der Schmelzpunkt des Cholesterinesters liegt zwischen 114,3 und 114,8° (korr.), der des Phytosterinesters zwischen 125,6 und 137,0°. Schmilzt die letzte Kristallisation bei 116° nicht vollkommen, so ist ein Zusatz von Pflanzenfett wahrscheinlich, bei Schmelzpunkten von 117° und darüber gewiß. Zusatz von Paraffin stört diesen Nachweis (Polenske [11]).

Nachweis von Sesamöl und Baumwollsamenölen.

8. Nachweis von Sesamöl. Reaktion von Baudosin [12]. Enthält das Fett Farbstoffe, die durch Salzsäure rot gefärbt werden, so sind diese dem Fett durch wiederholtes Ausschütteln mit Salzsäure (d = 1,125) zu entziehen, wobei allerdings auch der die Furfurolreaktion gebende Bestandteil aus dem Fette entfernt werden kann, daher in solchen Fällen auch die Zinnchlorür-Reaktion von Soltsien anzuwenden ist. 5 ccm geschmolzenes Fett oder des mit Salzsäure behandelten Fettes (filtriert) werden mit 0,1 ccm einer alkoholischen Furfurollösung (1 Teil farbloses Furfurol, 100 Teile absoluter Alkohol) und 10 ccm Salzsäure (d = 1,19) eine halbe Minute lang kräftig geschüttelt. Bei Gegenwart von Sesamöl ist die Salzsäure (untere Schicht) deutlich rot gefärbt, die Färbung darf nicht sofort verschwinden, darf auch nicht etwa durch Erwärmen erst hervorgerufen werden.

Die Reaktion von Soltsien [13] wird durch etwa vorhandene mit Salzsäure sich rot färbende Farbstoffe nicht beeinflußt. 2—3 ccm geschmolzenes Fett in 10 ccm Petroläther gelöst werden mit 1 ccm einer Lösung von 5 Teilen kristallisiertem Zinnchlorür in 1 ccm konzentrierter mit Salzsäuregas gesättigter Salzsäure (Bettendorfsche Lösung) versetzt, durchgeschüttelt und das Gemisch auf etwa 40° Grad erwärmt. Sobald sich die Zinnchlorürlösung abgeschieden hat, wird das Rohr in Wasser von 80° so eingetaucht, daß nur die Salzlösung von dem warmen Wasser umgeben ist, um Verdunstung des Petroläthers zu vermeiden. Bei Abwesenheit von Sesamöl tritt deutlich bleibende Rotfärbung auf.

9. Nachweis des Baumwollsamenöles. Es sind empfohlen die Verfahren von Bechi [14], von Welmans [15] und von Halpton [16]. Nur die letzte wurde in die amtliche Vorschrift zum Fleischbeschaugesetz aufgenommen, da die beiden ersten als unsicher erkannt wurden.

5 ccm Fett wurden mit der gleichen Menge Amylalkohol und 5 ccm einer 1%igen Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff im Rückflußrohr 15 Minuten in siedendem Wasserbade erhitzt. Bei Gegenwart von Baumwollsamenöl tritt deutliche Rotfärbung auf.

Tierische Fette.

Butter, Butterschmalz, Margarine, Schweinefett.

a) Butter, Butterschmalz.

Butter ist das erstarrte aus der Milch abgeschiedene Fett, welches rund 15 Proz. süße oder saure Magermilch in gleichmäßig feiner Verteilung enthält. Man unterscheidet nach der Herstellung süße und saure Rahmbutter; nach der Jahreszeit Winter- und Grasbutter, nach der Qualität Tafel-, Land-, Back- oder Faktorei-Butter. Letztere, für den Export hergestellt, ist eine Mischung nicht immer einwandfreier Sorten; unter Umständen mit Zusätzen von Salz und wasserhaltigen Stoffen bereitet.

Die sogenannte „Renovated"-Butter ist eine durch Entsäuern, Auslassen, Behandeln mit Luft und nochmaliges Verbuttern mit Wasser oder Magermilch aus alter meist verdorbener Butter hergestelltes Produkt. In Norddeutschland wird zwecks Frischerhaltung die Butter gesalzen, Butterschmalz, Schmelzbutter, Rindschmalz (in Süddeutschland) ist das durch Auslassen der Butter von Wasser, Milchzucker, Kasein befreite Butterfett. Die mittlere Zusammensetzung der Butter ist nach König etwa: Fett 84 Proz., Wasser 14, Kasein 0,7, Milchzucker 0,5, Milchsäure 0,1, Asche 0,6.

Bestandteile des Butterfettes. Das Butterfett enthält neben den Glyzeriden der Palmitin-, Stearin-, und Ölsäure, die Glyzeride der Myristin- und Arachinsäure und ferner noch die Glyzeride der flüchtigen Fettsäuren: Buttersäure, Capron-, Capryl- und Caprinsäure, wodurch sich das Butterfett von allen andern tierischen Fetten unterscheidet. Als unverseifbarer Bestandteil ist Cholesterin vorhanden. Durch mangelhafte Aufbewahrung und ungenügende Abscheidung der Buttermilch geht die Butter rasch in eine saure (Milchsäurebildung aus Milchzucker) oder ranzige Zersetzung über. Zutritt von Luft und Licht verleihen der Butter ohne merkbare Änderung ihrer Zusammensetzung talkiges Aussehen und Geschmack. Ranzigwerden ist nicht so sehr ein mit einer Vermehrung der flüchtigen Säuren, also Erhöhung der Säurezahl verbundener Vorgang, sondern beruht vielmehr auf der Bildung verschiedener flüchtiger Verbindungen, wie Alkohol, Aldehyd, flüchtige Säuren und Ester [17]. Beim Erstarren des geschmolzenen Butterfettes findet eine Entmischung statt; der ölige Teil ist reicher an den Glyzeriden der niederen Fettsäuren und der Ölsäure, was in einer kleinen Erhöhung der Reichert-Meißl-Zahl und der Jodzahl zum Ausdruck kommt (Röhrig [18]). Die Zusammensetzung des Butterfettes, besonders in bezug auf den Gehalt an flüchtigen Säuren ist nicht nur von der individuellen Beschaffenheit des Tieres, sondern auch von Fütterung, Laktation abhängig. Mit dem Zurückgehen der flüchtigen Säure findet eine Zunahme der Ölsäure, meist auch der festen Fettsäuren statt. Die für die Beurteilung der Butter höchst wichtige Frage, wie weit eine Beeinflussung auf die Zusammensetzung des Fettes durch die Fütterung stattfindet, ist durch die zahlreichen, wenn auch vielfach sich widersprechenden Angaben in bejahendem Sinne beantwortet, da der Nachweis geführt wurde, daß bei Verfütterung von Sesamkuchen das Butterfett Eigenschaften enthielt, wie sie einem Gemisch von Butter und Sesamöl entsprechen, das bei Rübenblattfütterung eine Erhöhung der flüchtigen Säuren eintritt, bei Kokosfettgaben dieses in das Milchfett übergeht usw. Es sind daher bei der Beurteilung des Butterfettes diese Umstände zu berücksichtigen.

Untersuchung. Die Untersuchung der Butter wird sich in den allermeisten Fällen zunächst auf die Bestimmung des Wassers- und Fettgehaltes und auf den Nachweis fremder Fette zu erstrecken haben; dieser wird geführt durch die qualitativen Reaktionen von Bellier auf Pflanzenfette überhaupt, auf Sesamöl, Baumwollsamenöl im besonderen, ferner durch die refraktometrische Prüfung und Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren. Zur Ergänzung wird in zweifelhaften Fällen die Jodzahl (Hübl), die Verseifungszahl und das Verfahren von Polenske zum Nachweis des Kokosfettes anzuwenden sein. Der Nachweis von Pflanzenfetten irgendwelcher Art in Butter ist durch die Phytosterinazetatprobe von Böhmer zu führen, da Butter Cholesterin, Pflanzenfette aber Phytosterin enthalten. Auch wird die Prüfung auf Konservierungsmittel vorzunehmen sein. Unter diesen Nachweisen und Prüfungen kann noch in einzelnen Fällen die Bestimmung der Jodzahl, der Hehnerschen Zahl, des Schmelzpunktes und Erstarrungspunktes, des Säuregrades, des Kaseins-, Milchzuckers- und Aschengehaltes, die Prüfung auf Farbstoffe und Zusätze von Nichtfettstoffen wünschenswert erscheinen.

(Siehe auch amtliche Anweisung zur chemischen Untersuchung von Fetten und Käse. Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 1. April 1898. Zentralblatt für das Deutsche Reich 1898, **26**, 200. J. Springer, Berlin.)

Zu erwähnen ist noch die bakteriologische und mikroskopische Prüfung auf die Gegenwart von pathogenen Keimen, Schimmelpilzen usw.

Beurteilung der Butter.

1. Gesetzliche Regelung des Wassergehaltes. Der noch zulässige Wassergehalt ist in ungesalzener Butter auf 18 Proz., in gesalzener Butter auf 16 Proz. festgesetzt. Der Fettgehalt muß mindestens 80 Proz. betragen. (Bekanntmachung des Reichskanzlers, 1. März 1902. Reichsgesetzblatt 1902, S. 64.)

2. Beimengung fremder Fette ist verboten. (Reichsgesetzblatt 15. Juni 1897). Die Reichert-Meißl-Zahl schwankt zwischen 24 und 32, die Verseifungszahl zwischen 220 und 232. Niedere Reichert-Meißl-Zahlen können durch Fütterung usw. veranlaßt sein, daher Vorsicht bei Beurteilung. Unter Umständen, wenn es sich um Butter einiger Tiere handelt, wenn möglich Stallprobe und weitere Untersuchung auf Pflanzenfette und Sesamöl usw. Ausschlaggebend ist die allerdings etwas zeitraubende Phytosterinprobe. Der Zusatz von Kokosfett und Palmkernfett erniedrigt die Reichert-Meißlsche Zahl und erhöht die Verseifungszahl (Jodzahl 6 bis 8,5, Verseifungszahl 246—268). Da Kokosfett mehr flüchtige, nichtlösliche Fettsäuren enthält als die Butter, so hat Polenske eine neue Butterzahl (Polenske-Zahl) eingeführt, die bei reiner Butter 1,5 bis 3,0, bei Kokosfett 16 bis 17 beträgt, für Butter mit 20 bis 30 Reichert-Meißl erhöht sich diese neue Zahl bei 10 Proz. Kokosfettzusatz im Mittel um 1,0, für 15 Proz. um 1,6, für 20 Proz. um 1,9.

Es ist jedoch zu bemerken, daß diese neue Butterzahl durch Fütterung mit Kokoskuchen, Rübenblätter stark beeinflußt werden kann.

Fälschungen mit Schweinefett und Talg sind äußerst schwierig nachzuweisen. Die Reichert-Meißl-Zahl und Verseifungszahl werden zwar erniedrigt, doch kann diese Verschiebung noch innerhalb natürlicher

Schwankungen sich bewegen. Wertvolle Dienste leistet das Polarisationsmikroskop, durch welches die Gegenwart eines vorher geschmolzenen, nachher kristallinisch erstarrten Fettes sich erkennen läßt. Sehr alte Butter und aufgefrischte Butter zeigen übrigens ähnliche Erscheinungen. Unschädlicher Farbstoffzusatz ist nicht zu beanstanden, weil in manchen Gegenden von altersher üblich.

Margarine.

Unter Margarine sind diejenigen der Milchbutter oder dem Butterschmalz ähnlichen Zubereitungen zu verstehen, deren Fettgehalt nicht ausschließlich der Milch entstammt (R.-G. 15. Juni 1897). Zu ihrer Herstellung finden Verwendung:

1. Oleomargarine, das ist ein vom größten Teil des Stearins befreiter Talg,
2. gereinigtes Schweineschmalz neutral-lard,
3. Baumwollsamenöl, Sesamöl, Erdnußöl,
4. Palmkern-, Kokospalmöl und ähnliche Fette,
5. Milch.

Chemisch unterscheidet sich die Margarine von der Butter durch den geringen Gehalt an flüchtigen Fettsäuren. Aussehen und Geschmack ist butterähnlich, die bei mangelhafter Aufbewahrung oder Herstellung eintretenden Veränderungen sind dieselben wie bei Butterfett. Der Gehalt der Margarine an Butterfett ist durch das Margarinegesetz geregelt, nach welchem nicht mehr als wie 100 g Milch oder eine diesem Gewicht entsprechende Rahmmenge auf 100 Teile nicht der Milch entstammenden Fette zugesetzt werden dürfen. Außerdem ist vorgeschrieben, daß auf 100 Teile Fett und Öle mindestens 10 Teile Sesamöl zugefügt werden, bei Margarinekäse 5 Teile. Die chemische Untersuchung der Margarine und des Margarineschmalzes wird wie bei Butter ausgeführt. (Siehe amtliche Anweisung zu Anlage der Ausführungsbestimmung zum Fleischbeschaugesetz vom 3. Juni 1904.)

Beurteilung.

Für die Beurteilung sind zunächst die gesetzlichen Bestimmungen maßgebend. Die Reichert-Meißlsche Zahl wird entsprechend dem erlaubten Zusatz von 100 Milch (annähernd 4 g Fett) die Menge der in 5 g Margarine vorhandenen flüchtigen Säuren etwa 1—1,5 erhöhen, dazu kommt die Reichert-Meißlsche Zahl der reinen Margarine, die im Mittel 1,0 beträgt, so daß dem Gesetz entsprechende Margarine eine Reichert-Meißl-Zahl von etwa 3 besitzen kann. Da zur Herstellung von Margarine auch Kokosfett angewendet wird, so wird die R.-M.-Zahl erhöht, der Zusatz von Kokosfett ist nach Polenske nachzuweisen. Gelbfärbung der Margarine ist gestattet.

Unter der Bezeichnung „Margarine" gehen heutzutage eine große Anzahl butter- oder schmalzähnliche Zubereitungen, die der Herstellung und Zusammensetzung der ursprünglichen Margarine nicht entsprechen und meist aus festeren Pflanzenfetten (Kokosbutter) hergestellt sind. Diese Fette müssen, wenn sie gefärbt werden, ihrer Ähnlichkeit mit Butter wegen, den vorgeschriebenen Zusatz von Sesamöl enthalten.

Verfälschungen der Margarine durch Zusatz von Paraffinen dürften wohl nur vereinzelt vorkommen. Neuerdings hat aber eine als Verfälschung zu betrachtender Zusatz von Wasser Verbreitung gefunden. Da die Fabrikanten der Anschauung sind, daß die Margarine ebensoviel Wasser enthalten dürfe wie Butter. Zusatz von Konservierungsmitteln ist wie bei Butter und Schmalz zu beurteilen.

An Stelle der früher vielfach verwendeten Borsäure ist zurzeit Benzoesäure getreten.

Schweineschmalz, Schweinefett, Schmalz, Schmer.

Das einheimische Schmalz stammt meistens von Nieren- und Darmfett, seltener von Rückenfett (Speck) her. Das amerikanische Fett dürfte dagegen von allen Körperteilen herrühren. Das Rohschmalz (Dampfschmalz Steamlard) wird durch Ausschmelzen mit Dampf unter Druck gewonnen. Raffiniertes Schmalz ist Schmalz, dem zur Erhöhung der Konsistenz das leichtflüssige Schmalzöl zum Teil entzogen wurde.

Zusammensetzung. Der Hauptsache nach besteht das Schmalz aus den Glyzeriden der Stearin-, Palmitin- und Olsäure.

Verfälschungen. 1. Zusatz fremder Fette, wie Baumwollensamenöl und -stearin, Erdnuß- und Sesamöl, Palmkern- und Kokosöl.

2. Preßtalg und Rindstalg usw. zur Erhöhung der Konsistenz.

3. Zusatz gewichtsvermehrender Stoffe.

Untersuchung. Die Untersuchung des Schmalzes wird in ähnlicher Weise geführt wie bei Butter. Da Refraktion und Jodzahl parallel laufen, so ist der bequemeren Ausführung wegen nur die erstere in die Zahl der regelmäßig auszuführenden Untersuchung aufgenommen worden. Die Bestimmung der Jodzahl wird in zweifelhaften Fällen zur Ergänzung dienen. Auszuführen ist ferner die Verseifungszahl und die Reaktionen auf Pflanzenfett sowie auf Konservierungsmittel; endlich in Verdachtsfällen die Phytostearinprobe. (Siehe amtliche Anleitung zur Untersuchung von Fetten; Ausführungsbestimmung zu Schlachtvieh- und Fleischbeschaugesetz 22. Februar 1908. Verlag J. Springer, Berlin).

Beurteilung. Gemische von Schweinefett mit anderen Fetten müssen als Speisefett bezeichnet werden. Kunstspeisefette sind die dem Schweineschmalz ähnlichen Zubereitungen, deren Fett nicht ausschließlich aus Schweineschmalz besteht. Ausgenommen sind unverfälschte Fette von Pflanzen und Tieren unter Bezeichnung ihrer Herkunft (Margarinegesetz 15. Juni 1897). Zusatz von fremden Fetten ist als eine Verfälschung zu beanstanden. Die Jodzahlen des deutschen Schweineschmalzes liegen zwischen 48 und 60, die des amerikanischen in der Regel zwischen 60 und 70, ausnahmsweise selbst noch höher. Talgzusatz erniedrigt die Jodzahl (Rindstalg 35—40, Rinderpreßtalg 17—20). Baumwollsamenöl erhöht die Jodzahl (102 bis 117). Kokosöl und Palmkernöl bewirken eine Erhöhung der Verseifungszahlen und der Reichert-Meißl-Zahl.

Von sonstigen tierischen Fetten sind zu erwähnen: Rindstalg Rinderfett, Hammeltalg und Gänsefett. Das Rindsfett (Nierenfett) wird zum

Teil direkt zu Kochzwecken benutzt; in weitaus größeren Mengen jedoch zur Herstellung des raffinierten Talges (Premiere Jus) für die Margarinefabrikation. Hammel-, Schaf- und Ziegenfett wird als Speisefett nicht verwendet; das Gänsefett gilt vielfach als eine besondere Delikatesse. Eine Zusammenstellung der chemischen und physikalischen Konstanten bietet nachstehende Tabelle:

	Kuhbutter	Schafbutter	Oleomarg.	Rindstalg	Hammeltalg	Schweinefett	Pferdefett	Gänsefett
Spez. Gewicht bei 15°	0,926—0,946	—	0,924—0,930	0,942—0,953	0,937—0,961	0,931—0,938	0,917—0,933	0,916—0,930
Schmelzpunkt des Fettes	28—35	29—30	34,0	42,5—49,0	43—55	34—48	34—39	25—40
Schmelzpunkt der Fettsäuren	38—45	—	42—45	41—47	41—57	35,47	36,44	36—41
Erstarrungspunkt des Fettes	19—26	—	20—22	27—38	31—41	26,32	20—48	18—34
Erstarrungspunkt der Fettsäuren	33—38	—	40—43	39—47	39—52	34,42	30—38	31—40
Refraktion nach Zeiß-Wollny bei 40°	39,4—46,05	44,45	48,6—49,25	45,0—50,05	47,5—48,75	48,6—51,55	48,5—51,5	50,0—51,5
Hehnersche Zahl	87,5	—	—	96,0	95,5	96,16	94,8—95,5	92,4—95,7
Verseifungszahl mgr KOH für 1 g Fett	219—232	227,8	129—200	193—200	192—198	195—200	183—200	184—198
Hüblsche Jodzahl, Fett	26—38	35,1	44—55	35—48	33—46	46—77*)	71—90	59,81
Hüblsche Jodzahl, flüssige Fettsäuren	—	—	—	89—92	92,7	89—116*)	124—125	—
Reichert-Meißl-Zahl	20—34	26,33	0,1—1,0	0,1—1,0	0,1—1,2	0,3—1,1	0,2—2,1	0,2—2,0

*) Japanisches und chinesisches Schweineschmalz.

Literatur:

1) Königs, Korresp. f. anal. Chem. **1**, 3; Wolkenharr, Rep. Anal. Chem. 1885, S. 236.
2) Anal. Chem. 1879, **18**, 69.
3) Dingler, Polyt. Journ. 1879, **233**, 229.
4) Analyst. 1891, **16**, 153.
5) Z. U. N. 1904, **7**, 273.
6) Zeitschr. anal. Chem. 1877, **16**, 145.
7) Dingler, Polyt. Journ. 1884, **253**, 281. Siehe auch M. Kitt. Die Jodzahl der Fette und Wachsarten. Berlin 1902. J. Springer.
8) Berichte der deutsch. chem. Gesellschaft 1880, **13**, 1395.
9) Zeitschr. anal. Chem. 1887, **26**, 537.
10) Z. U. N. 1901, **4**, 1070; ebenda 1898, **1**, 21 usw.; 1899, **2**, 46; 1901, **4**, 865 usw.; 1902, **5**, 6018.
11) Arb. Kaiserl. Ges.-A. 1905, **22**, 576; Z. U. N. 1905, **10**, 559.

12) W. Kerp, Z. U. N. 1899, **2**, 473.
13) Z. öffentl. Chem. 1897, **3**, 65; 1898, **4**, 269.
14) Chem. Ztg. 1887, **11**, 1328.
15) Pharm. Ztg. 1891, **36**, 789; 1892, **37**, 7.
16) Chem. Ctrbl. 1897, II, 1161.
17) C. Amthor, Z. anal. Chemie 1899, **38**, 10 und A. Schmitt, ebenda **37**, 301.
18) Ber. Untersuchungsanstalt Leipzig 1907.

II. Pflanzliche Nahrungsmittel.

Getreide und Mehl.

In die Gruppe der pflanzlichen Nahrungsmittel gehören die Getreidearten, die Hülsenfrüchte, Gemüsearten, die Obst- und Beerenfrüchte, Zucker, Honig und Pflanzenfette.

Trotz dieser Mannigfaltigkeit kann als unterscheidendes Merkmal gegenüber den animalischen Nahrungsmitteln in bezug auf die chemische Beschaffenheit das Vorwiegen der Kohlehydrate gegen Fett und Eiweißstoffe angesehen werden. Eine Ausnahme bilden die eiweißreichen Hülsenfrüchte und die fettreichen Ölsamen, deren Eiweißstoffe und Fette von denen des Tiereichs aber chemisch verschieden sind. Der Stickstoff der pflanzlichen Nahrungsmittel ist zumeist in Form von Amido- und Aminosäuren vorhanden, neben den eigentlichen Kohlehydraten (Zucker, Stärke) findet sich die in den tierischen Nahrungsmitteln fehlende Zellulose. Das Fett der Pflanzen enthält Phytosterine, das der tierischen Fette Cholesterine.

Die mineralischen Bestandteile beider unterscheiden sich nur quantitativ voneinander. Die Pflanzenasche ist reicher an Kali und Kieselsäure, ärmer an Chlor.

1. Die Getreidefrüchte (Zerealien) zeichnen sich durch hohen Gehalt an Kohlehydraten (Stärkemehl, Gummi, Dextrin, Zellulose) und einen mittleren Proteingehalt (Kleber, Pflanzenalbumin, Nuklein) aus. Von den verschiedenen Sorten seien kurz angeführt: Weizen (Triticum vulgare) mit seinen Untersorten: bespelzter Weizen (Dinkel, Spelz, Einkorn), nackter Weizen (gewöhnlicher Weizen, englischer Weizen, Glas- und Hartweizen). Roggen (Secale cereale), Winter- und Sommerfrucht. Gerste mit drei Arten Hordeum, Hexastichum (sechszeilige Gerste), ferner die vier- und zweizeilige Gerste (H. detrastichum und distichum). Hafer (Avena sativa), Reis (Oryza sativa), Mais (Zea mays, türkischer Weizen, Welschkorn), Hirse (Rispenhirse, Panicum nuliacum und Kolbenhirse, P. italicum), Buchweizen (Heidekorn, Polygonum fagopyrum).

2. Leguminosen. Der bereits oben angedeutete Unterschied zwischen Zerealien und Leguminosen besteht hauptsächlich im Eiweißgehalt und zwar sowohl der Menge als Art nach, da an Stelle des Klebers ein Pflanzenkasein (Legumin) getreten ist, ebenso aber auch in dem höheren Lezithingehalt des Fettes [1], ferner dem höheren Mineralstoff-, aber geringeren Phosphorgehalt.

Zerealien.

	Wasser	N-Substanz	Rohfett	N-freie Extraktstoffe	Rohfaser	Asche
Weizen, 948 Proben aller Länder	13,37	12,04	1,85	68,67	2,31	1,77
Winterroggen, deutscher, 119 Proben	13,37	11,17	1,63	69,12	2,62	2,09
Gerste, 510 Proben aller Länder	12,95	9,68	1,96	68,51	4,40	2,50
Hafer, 347 Proben aller Länder	12,81	10,25	5,25	59,68	9,97	3,02

Schwankungen einzelner Bestandteile:

Weizen	—	—	—	—	—	—
Winterroggen .	6,85—18,68	7,27—15,81	1,19— 3,01	60,68—73,30	1,04— 6,24	1,24—4,18
Gerste	8,70—21,59	6,70—15,81	0,80— 3,08	59,35—72,14	3,31— 9,63	1,56—6,50
Hafer	6,21—20,80	6,00—18,84	2,11—10,65	48,69—64,63	4,45—20,08	—
Mais, 154 Proben	13,32	9,58	5,09	67,89	2,65	1,47
Reis enthülst, 75 Proben	13,17	8,13	1,29	75,50	0,88	1,03
Buchweizen ungeschält, 17 Proben	13,27	11,41	2,68	58,79	11,44	2,38
Buchweizen geschält, 2 Proben	12,68	10,21	1,00	71,70	1,65	1,86

Schwankungen einzelner Bestandteile:

Mais	4,68—21,20	5,57—14,38	1,66—12,01	52,08—73,78	0,99—7,59	0,51—3,93
Reis enthülst .	10,80—15,37	5,85—11,12	0,22— 2,58	72,01—80,00	0,08—4,00	0,27—2,89
Buchweizen ungeschält	—	—	—	—	—	—
Buchweizen geschält	—	—	—	—	—	—

Zerealien.

	Weizen		Roggen (36 Analysen) Proz.	Sommergerste (57 Analysen) Proz.
	Winter-W. (110 Analysen) Proz.	Sommer-W. (16 Analysen) Proz.		
K_2O	31,16	30,51	32,10	20,92
Na_2O	3,07	1,74	1,47	2,39
CaO	3,25	2,82	2,94	2,64
MgO	12.06	11,96	11,22	8,83
Fe_2O_3	1,28	0,51	1,24	1,19
P_2O_5	47,22	48,94	47,74	35.10
SO_3	0,39	1,32	1,28	1,80
SiO_2	1,96	1,46	1,37	25.91
Cl	0,32	0,47	0,48	1,02

Schwankungen einzelner Bestandteile:

	Weizen	Roggen	Sommergerste
Ges. Asche	1,6— 2,5	1,6— 3,5	1,9— 3,1
K_2O	23,2—41,1	27,8—37,5	11,4—32,2
CaO	0,9— 8,2	1,3— 6,3	1,2— 5,6
P_2O_5	39,2—53,7	39,9—51,0	26,0—46,0

Zerealien.

	Hafer (57 Analysen) Proz.	Mais (15 Analysen) Proz.	Reis (2 Analysen) Proz.	Buchweizen (2 Analysen) Proz.
K_2O	17,90	29,78	17,51	23,07
Na_2O	1,66	1,10	5,53	6,12
CaO	3,60	2,17	4,00	4,42
MgO	7,13	15,52	10,76	12,42
Fe_2O_3	1,18	0,76	1,84	1,74
P_2O_5	25,64	45,61	40,64	48,67
SO_3	1,78	0,78	0,86	2,11
SiO_2	30,18	2,09	18,26	0,23
Cl	0,94	0,91	0,86	1,30

Schwankungen einzelner Bestandteile:

	Hafer	Mais	Reis	Buchweizen
Ges. Asche	2,3— 4,3	1,0— 1,7	—	—
K_2O	12,6—26,2	24,2—38,1	—	—
CaO	1,3— 8,4	0,6— 3,8	—	—
P_2O_5	15,6—35,1	37,6—5,37	—	—

Leguminosen.

	Wasser	N-Substanz	Rohfett	N-freie Extraktstoffe	Rohfaser	Asche
Feldbohnen (50 Analysen)	14,00	25,68	1,68	47,29	8,25	3,10
Vitsbohnen; Gartenbohnen (20 Analysen)	11,24	23,66	1,96	55,60	3,88	3,66
Erbsen (56 Analysen)	13,80	23,35	1,88	52,65	5,57	2,75
Linsen 14 Analysen)	12,33	25,94	1,93	52,84	3,92	3,04

Schwankungen einzelner Bestandteile:

	Wasser	N-Substanz	Rohfett	N-freie Extraktstoffe	Rohfaser	Asche
Feldbohnen	7,87—19,94	18,06—29,80	0,81—3,29	40,99—58,66	5,19—12,84	2.12—4,67
Vitsbohnen	—	—	—	—	—	—
Erbsen	6,50—22,12	18,39—28,35	0,64—5,53	46,34—60,10	2,23—10,02	1,86—3,93
Linsen	—	—	—	—	—	—

Leguminosen.

	Feldbohnen (19 Analysen)	Vitsbohnen; Gartenbohnen (13 Analysen)	Erbsen (29 Analysen)	Linsen (1 Analyse)
K_2O	41.48	44,01	41,79	34,76
Na_2O	1,06	1,49	0,96	13,50
CaO	4,99	6,38	4,99	6.34
MgO	7,15	7,62	7,96	2,47
Fe_2O_3	0,46	0,32	0,86	2,00
P_2O_5	38,86	35,52	36,43	36,30
SO_3	3,39	4,05	3,49	—
SiO_2	0,65	0,57	0,86	—
Cl	1,78	0,86	1,54	4,63

Schwankungen einzelner Bestandteile:

	Feldbohnen	Vitsbohnen; Gartenbohnen	Erbsen	Linsen
Ges. Asche	3,3— 4,3	—	2,36— 4,27	—
K_2O	32,6—47,4	—	35,8— 51,4	—
CaO	2,9— 8,9	—	2,21— 7,9	—
P_2O_5	27,5—45,5	—	29,3—44,4	—

Verunreinigung des Getreides. Neben Sand, Staub sind die Samen der mit dem Getreide wachsenden Unkräuter, von welchen ihrer giftigen Wirkung wegen der Taumellolch (Lolium temulatum), der Wachtelweizen (Melampyrum arvense), Kornrade (Agrostema githago) usw. erwähnt werden mögen, zu nennen.

Verfälschungen des Getreides und der Hülsenfrüchte kommen nur selten vor. Zu nennen sind das Anfeuchten und das Ölen, das Auffärben, das Überziehen mit Talkum und das Schwefeln und Bleichen.

Die Untersuchung der Rohstoffe (Körner) beschränkt sich auf den Nachweis der eben angeführten Fälschungsarten.

1. Wasserbestimmung. Trocknen bei 105°, vorsichtiges Vortrocknen bei 40° zu empfehlen.

2. Nachweis des Ölens. Geölter Weizen mit heißem Wasser übergossen, bildet Öltropfen auf der Oberfläche des Wassers. Bei sehr geringem Fettgehalt vermögen Kampferkörnchen darauf nicht mehr zu rotieren (Kampferprobe von H. Schellens [2]). Bronzepulver bleibt beim Schütteln an geöltem Getreide haften, läßt sich nicht abreiben (Wolf [3]).

Mit geöltem Getreide geschüttelter Äther-Alkohol trübt sich auf Zusatz von Wasser durch Fettausscheidung.

3. Künstliche Färbung. Ausfärben des alkoholischen Auszuges nach schwachem Ansäuern mittels Wolle. Die in Alkohol unlöslichen Farbstoffe (Ultramarin, Indigo, Berlinerblau) werden in dem durch Schütteln mit Chloroform abgewaschenem Schlemmrückstand nachgewiesen: Ultramarin wird durch Salzsäure, Berlinerblau, durch Alkalilauge, Indigo durch Salpetersäure entfärbt.

4. Nachweis des Talkens. Der durch Schütteln mit Chloroform oder Alkohol erhaltene Schlemmrückstand wird verascht und gewogen. Nicht getalkte Ware liefert kaum wägbare Spuren von Asche und nur geringe Spuren von in Salzsäure unlöslichen Anteilen. Ist das Talkum durch ein Klebemittel (Zucker, Dextrin) an der Oberfläche der Körner befestigt, so versagt das Abschlemmen mit Chloroform und ist mit Wasser abzuschlemmen. Nach Haupt [4] wird die Substanz verascht, die Asche mit 0,5proz. Salzsäure behandelt, der unlösliche Rückstand als Talkum gewogen. Forster [5] bestimmt in der Asche die Magnesia und rechnet dieselbe nach der Formel $H_2Mg_3Si_4O_{12}$ auf Talkum um. Sirup und Zuckerzusatz werden in der wäßrigen Lösung mittels Fehlingscher Lösung, schweflige Säure durch die Reaktion mit Jodstärkepapier nachgewiesen.

Beurteilung. Über die Zulässigkeit des Talkens sind die Ansichten geteilt. Die Fabrikanten betrachten sowohl Talken als Schwefeln als einen anerkannten Handelsgebrauch, der nicht zu beanstanden ist. Für die Beurteilung solcher Waren seitens der Nahrungsmittelkontrolle ist nicht nur die Menge dieser Zusätze zu berücksichtigen, sondern besonders darauf zu achten, ob nicht durch die Umhüllung größere Mängel (Wurmstich usw. verdeckt werden sollten. In letzterem Falle ist die Ware zu beanstanden.

Mehl.

Mehl ist das bei der Vermahlung des gereinigten Getreides gewonnene Produkt, welches sich in seinem Feinheitsgrad, seiner Zusammensetzung je nach seiner Herstellung unterscheidet. Durch das Vermahlen zwischen

Mahlsteinen oder Walzen (Stahl und Porzellan) wird nicht nur eine Zerkleinerung des Korns, durch das Sieben eine Trennung in größere und kleinere Teilchen bewirkt, sondern auch die Abscheidung der Kleie (Hülsen) angestrebt. Die Hochmüllerei erzeugt durch allmähliches Nähern der Walzen oder Steine eine Reihe verschiedener Mahlprodukte, die jedes für sich möglichst von Kleie gereinigt werden. Die Flachmüllerei dagegen zerkleinert in einer Arbeit möglichst fein und trennt hiernach durch Sieben usw. das Mahlgut in Produkte verschiedener Feinheitsgrade, Reinheit und Zusammensetzung. Die äußeren Schichten des Kornes sind reicher an Eiweißstoffen, Fett und Mineralsubstanzen als die inneren Partien und setzen der Zerkleinerung auch einen größeren Widerstand entgegen. Es werden daher die bei den fraktionierten Zerkleinerungen der Hochmüllerei erhaltenen Mehlsorten nicht nur durch verschiedenen Feinheitsgrad, sondern auch durch ihren Kleber- und Mineralstoffgehalt unterschieden. Der Stärkemehlgehalt ist am größten in den feinsten Mehlen.

Für den Nahrungsmittelchemiker kommen der Hauptsache nach nur Weizen- und Roggenmehl in Betracht, Hafermehl für Kinderernährung, Gersten- und Maismehl besitzen nur lokale Bedeutung, Mehle der Leguminosen und Kartoffel, Reismehl finden nur beschränkte Anwendung.

Neben den Mehlen sind als Müllereiprodukte zu nennen: Griese (Dünste), das sind gröbere, von Schalen und pulverförmigem Mehl möglichst befreite Bruchstücke der Körner nach verschiedenen Größen sortiert, meist aus Weizen hergestellt. Hartgries aus Hartweizen. Griese aus Buchweizen, Hafer und Gerste werden Grütze benannt; Haferflocken und Quaker Oats sind gequetschte Hafergrütze. Graupen sind geschälte, durch Schleifen und Polieren kugelig abgerollte ganze oder zertrümmerte Körner von Weizen oder Gerste (Rollgerste).

Grünkern, Grünkernmehl und -schrot werden durch Dörren des unreifen vom Spelz getrennten Korns des Dinkels hergestellt.

Mehlfehler, verdorbenes Mehl, Verunreinigungen, Verfälschungen.

Dumpfer Geruch, mangelhafte Backfähigkeit, Ranzigkeit können durch Fehler in der Aufbewahrung, durch Auswachsen des Getreides, durch Erhitzen bei dem Mahlen veranlaßt werden.

Als verdorben bezeichnet man Mehle aus gekeimtem Getreide, Mehle, die mit Schimmel und Pilzvegetationen behaftet sind. Bei derartigen Mehlen tritt Verzuckerung der Stärke, Peptionsierung des Klebers, Bildung von Milch- und Buttersäure ein. Ein daraus hergestellter Teig verläuft und liefert beim Backen nur eine dichte, schliffige Masse. Bei unzweckmäßiger Aufbewahrung wurde auch die Entstehung von Fäulnisalkaloiden (giftige Mehle) beobachtet [6]. Mehle mit Mehlmilben, -würmern und -motten sind gleichfalls verdorben.

Als Verunreinigungen treten die bereits beim Getreide (Rohfrucht) erwähnten Unkräutersamen, sowie Sand, Staub, tierische Exkremente (Mäusekot) auf. Eine wiederholt beobachtete Verunreinigung des Mehles durch metallisches Blei, ist auf fehlerhafte Mahlvorrichtung zurückzuführen.

Als Verfälschungen der Mehle wurden beobachtet: 1. Zusätze, die eine Gewichtsvermehrung bewirken (Gips, Kreide, Schwerspat, Ton usw.); es muß jedoch ausdrücklich bemerkt werden, daß derartige Zusätze heute wohl kaum mehr vorkommen; 2. Zusätze anderer billiger Mehlsorten ohne Kennzeichnung.

Kastormehl (Bohnenmehl) wurde früher vielfach zur Aufbesserung schlecht backender Mehle verwendet. 3. Zusätze, die eine Verschleierung der schlechten Beschaffenheit des Mehles bewirken sollen, wie Zinkvitriol, Alaun, Kupfersulfat usw. Um gelbliche Mehle weiß erscheinen zu lassen, wurde manchmal mit einem blauen Farbstoff nachgeholfen.

Bleichen des Mehles. Seit einigen Jahren wird das Mehl, um ihm den gelben Farbenton zu nehmen, künstlich gebleicht und zwar entweder durch Einwirkung von Ozon (Patent Alsop) oder durch Stickstoffdioxyd. Neben der Bleichwirkung sollen die Mehle noch an Backfähigkeit und auch sonstigen Eigenschaften gewinnen. Dies ist nicht der Fall, eine größere Anzahl Autoren sprechen sich ganz entschieden gegen dieses Verfahren aus, wodurch allerdings das Mehl, nicht aber das daraus bereitete Brot weißer werde [7]. Reiner Sauerstoff, bez. Ozon für sich wirkungslos, bleiche nur durch beigemengtes Chlor, verleihe aber dem Mehl eine unangenehmen Geruch. Technisch wirksam. ist nur das Stickstoffdioxyd. 1 kg Mehl bedarf 15—40 ccm des Gases (760 mm B). Die bleichende Wirkung beruht auf einer Veränderung des gelbgefärbten Öles, das die Stärkekörnchen umhüllt, indem es die Fetthäutchen durchsichtig mache. Das Bleichen durch das Altern des Mehles dagegen wird durch die Bildung freier weißer Fettsäuren hervorgerufen [8] (siehe auch Nachweis).

Untersuchung.

Die Bestimmung des Wassers und der Mineralbestandteile erfolgt durch Trocknen bis zur Gewichtskonstanz bei 100^0 (feuchte Mehle sind bei 40^0 vorzutrocknen) und vorsichtigem Veraschen mit kleiner Flamme, wenn nötig mit Zusatz von Ammoniumnitrat, die Bestimmung des Sandes und der in Salzsäure unlöslichen Anteile der Asche durch Behandeln derselben mit verdünnter Salzsäure und Wägen des Rückstandes.

Zum Nachweis gröberer Verfälschungen mineralischer Natur dient die sogenannte Chloroformprobe. 2—4 g Mehl werden mit Chloroform durchgeschüttelt, sodann 2—3 ccm Wasser zugesetzt, wodurch Sand und sonstige schwere Teilchen zum Absetzen gebracht werden.

Nachweis des Alauns nach Herz [9]. Das Mehl wird mit Wasser und etwas Alkohol durchfeuchtet, sodann ein paar Tropfen frischbereiteter Kampesche-Holztinktur (5 g Holz, 100 Alkohol) zugegeben, durchgeschüttelt und mit Kochsalzlösung das Reagenzglas aufgefüllt. Bei Gegenwart von Alaun färbt sich die überstehende Flüssigkeit blauviolett. Nach Schumacher-Kopp [10] feuchtet man Mehl mit einer 1proz. alkoholischen Alizarinlösung an, setzt sodann etwas Wasser zu und erwärmt auf dem Wasserbade. Bei Gegenwart von nur 0,05 Proz. Alaun entsteht deutliche Rotfärbung.

Schwermetalle (Zusätze von Kupfersulfat usw. siehe oben). Der Nachweis kann entweder in der durch Ausziehen mit Wasser erhaltenen Lösung oder in der Asche geführt werden. Nicht zu übersehen ist, daß Getreide einen natürlichen, wenn auch geringen Kupfergehalt besitzt, welchen Vedrödi [11] allerdings wie Lehmann [12] nachgewiesen hat, zufolge einer nicht einwandfreien Bestimmungsmethode zu hoch angibt. Die Bestimmung sehr kleiner Kupfermengen kann durch das kolorimetrische Verfahren erfolgen, wobei aber das Kupfer in reinster Form vorher abgeschieden sein muß, um störende Einflüsse anderer Bestandteile auszuschließen. Für die Bestimmung von Kupfermengen über 1,5 mg jedoch ist das jodometrische Verfahren von

de Haën [13] anzuwenden (siehe auch K. B. Lehmann, Hygienische Studien über Kupfer. Arch. Hyg. 1895, 24, 1). Sehr genau und dabei rasch ausführbar ist das elektrolytische Verfahren, das selbst noch für kleine Mengen von einigen mg anwendbar ist und umständliche Vorarbeiten überflüssig macht.

Fett. Die Bestimmung des Fettgehaltes des Mehles wird in einzelnen Fällen zur Beurteilung heranzuziehen sein. Sie erfolgt durch Extraktion mit niedersiedendem Petroläther (Äthyläther ist zu vermeiden, weil durch denselben auch andere Bestandteile gelöst werden). Nach Spaeth [14] unterscheidet sich das Fett von Roggen- und Weizenmehl sowohl durch die Jodzahl als Refraktion. Es ist jedoch nicht zu übersehen, daß Fett aus alten verdorbenen Mehlen eine niedere Jodzahl besitzt, als das normaler Mehle.

Kohlehydrate. Zur Bestimmung des Gesamtgehaltes an Kohlehydraten (Stärke, Zucker, Dextrin) werden etwa 3 g Mehl unter Druck entweder im Soxhletschen Dampftopf oder Reischauerschen Druckfläschchen mit Wasser zum Zweck der Aufschließung und Verkleisterung in einem Öl-, Salz- oder Glyzerinbad 4—8 Stunden lang auf 110° erhitzt, das aufgeschlossene Material sodann bis zum Verschwinden der Jodreaktion ausgewaschen und die Lösung mit Salzsäure (1,12) 3 Stunden lang am Rückflußkühler erhitzt. Hierdurch wird sämtliche Stärke und das Dextrin in Dextrose übergeführt, deren Menge mittelst alkalischer Kupferlösung nach Allihn bestimmt wird. 1 g Stärke = 0,9 g Dextrose. Ähnlich ist das etwas genauere Verfahren von M. Merker und A. Morgen [15], welche die verkleisterte Stärke durch mehrmaliges Behandeln mit Malzauszug in Lösung bringen und dann mit Säure invertieren. Statt Malzauszug kann auch reine Diastase angewendet werden. Sollen die einzelnen Kohlehydrate getrennt bestimmt werden, so kann das von A. Hilger und T. Günther [16] angegebene Differenzverfahren benützt werden. Das feinstgemahlene Mehl wird mit kaltem Wasser ausgezogen, in einen Teil der filtrierten Lösung direkt mit alkalischer Kupferlösung die Maltose bestimmt, in einem zweiten Teil des Filtrates nach Inversion mit Salzsäure, Maltose und Dextrin, durch Inversion der ursprünglichen Substanz endlich erhält man sämtliche Kohlehydrate als Zucker. Aus der Differenz berechnet sich die Menge des Stärkemehls. Dieses Verfahren ergibt nur annähernd richtige Resultate. Zu bemerken ist, daß in schlechtbackenden Mehlen ausgewachsener Getreide bereits reichliche Mengen von Zucker vorhanden sind. Solche Mehle werden daher zweckmäßig nicht mit Wasser, sondern mit Alkohol extrahiert.

Der Bestimmung der Stärke selbst dient noch das gewichtsanalytische Verfahren von G. Baumert und H. Bode [17] und das polarimetrische von C. J. Lindner [18]. Erstere verreiben die möglichst feingepulverte Substanz (3 g) zunächst mit 3—5 ccm Wasser und versetzen unter Abkühlen so lange mit konzentrierter Salzsäure (1,19), bis die Mischung dünnflüssig geworden ist. Sodann wird unter fortgesetztem Rühren und Abkühlen 20proz. Natronlauge im Überschuß zugegeben und die Mischung auf 250 ccm mit Wasser aufgefüllt, filtriert und in einem aliquoten Teil unter Zugabe von etwas Asbest mittelst Alkohol die Stärkenatronverbindung ausgefällt, der Niederschlag im Asbestfilterröhrchen gesammelt, mit Alkohol, Salzsäure und Äther gewaschen, getrocknet und gewogen und schließlich im Sauerstoffstrom geglüht. Differenz der Gewichte vor und nach dem Glühen = Stärke.

Nach Lintner wird die feingepulverte Stärkesubstanz mit Wasser zerrieben, dann mit 20 ccm konzentrierter Salzsäure (1,19) versetzt und sobald die Mischung dünnflüssig geworden ist, mit Wasser verdünnt und auf 100 ccm aufgefüllt, filtriert und polarisiert. Ist die gefundene Drehung gleich p⁰, l die Rohrlänge, α_D das spezifische Drehungsvermögen, so sind in 100 ccm der Lösung $\frac{100\,p}{l\,\alpha_D}$ g Stärke enthalten.

α_D schwankt für verschiedene Mehlsorten von 200,3 (Gerste) bis 204,3 (Kartoffel) und beträgt im Mittel 202⁰.

Rohfaser (Zellstoff). Unter Rohfaser versteht man den fett-, zucker-, stärke-, gummi-, stickstoff- und aschefreien, gewöhnlich als Zellulose angesprochenen Bestandteil des Mehles und anderer pflanzlicher Stoffe. Sie ist jedoch keine einheitliche Substanz und enthält je nach ihrer Darstellung Lignin (inkrustierende Substanz), Hexosen und Pentosen. Zu ihrer quantitativen Bestimmung sind zahlreiche Methoden vorgeschlagen, die sämtlich die mehr oder weniger gründliche Entfernung der eben erwähnten Nebenbestandteile anstreben durch nacheinander folgende Behandlung der Pflanzensubstanz mit Säuren, Alkalien, Alkohol und Äther, wodurch die Zellulose nicht angegriffen werden soll.

Bei der Rohfaserbestimmung im Mehl entfernt man zweckmäßig nach König die Stärke durch Verzuckern mit Salzsäure oder Malzauszug und behandelt den ungelöst bleibenden Rest entweder nach dem sogen. Wenderverfahren oder nach der von König angegebenen Glyzerinmethode, die aus verschiedenen Gründen den Vorzug verdient.

Backfähigkeit. Mit zu den wesentlichsten Eigenschaften eines guten Mehles gehört seine Eignung zum Backen, die abhängig ist von der Beschaffenheit der Eiweißstoffe [19] (Kleber), der Stärke, der diastatischen Fermente und anderen noch nicht genügend erkannten Umständen. Es ist verständlich, daß alle Versuche, diese Eigenschaft durch einfache Feststellung erkennen zu wollen, bisher noch nicht zu einem befriedigenden Ergebnis geführt haben und daß man zurzeit sich noch mit der Ermittlung der einzelnen für die Backfähigkeit als maßgebend angesehenen Faktoren begnügen muß. Die Menge und Beschaffenheit des Klebers scheinen in erster Linie in Betracht zu kommen, während den wasserlöslichen Eiweißstoffen nach den Untersuchungen von Bremer [20] ein Einfluß hierauf nicht zugeschrieben werden kann. Zur Bestimmung und Prüfung des Klebers werden 50 g Mehl mit 25 g Wasser (Gipswasser) zu einem gleichmäßigen Teig angerührt, dieser unter einer Glasglocke sich 1 Stunde lang selbst überlassen und sodann unter Wasser so lange geknetet, bis dasselbe stärkefrei abfließt. Normaler Kleber soll elastisch und plastisch sein. Seine Mengenbestimmung wird dadurch außerordentlich erschwert, daß der ausgewaschene Kleber sich nur unter ganz besonderen Vorsichtsmaßregeln trocknen läßt. Bremer [21] hat zum Vortrocknen wiederholtes leichtes Abpressen zwischen zwei Schiefertafeln, welche die Feuchtigkeit aufsaugen, empfohlen. Darnach erst kann das Austrocknen im Luftbade bei 105⁰ erfolgen, welches in der Weise stattfindet, daß der zu einer dünnen Tafel ausgewalzte Kleber auf einen siebartig durchlochten Halbzylinder aus Porzellan aufgedrückt wird. Durch die Durchlochungen kann das Wasser auch aus der Unterschicht des Klebers leicht entweichen. Auch die Teigbildung wird durch den Kleber beeinflußt. Die sogenannte Teigprobe kann mit der Bestimmung der wasserbindenden

Kraft des Mehles verbunden werden. Der zur Gewinnung des Klebers hergestellte Teig wird unter Glasbedeckung liegen gelassen und nach verschiedenen Zeiten innerhalb 24 Stunden auf seine Zähigkeit und Formerhaltung beobachtet, wobei man sich zweckmäßig eines aus normalem Mehl in gleicher Weise hergestellten Vergleichsobjektes bedient. Die Bestimmung der Wasserbindung erfolgt nach Rupp [22] in folgender Weise: Zu einer ausreichenden Menge Mehl, welches in eine Schale so eingedrückt ist, daß es eine Mulde bildet, werden vorsichtig 10 ccm Wasser gegeben, mit einem Glasstab so viel Mehl eingerührt, bis das Gemenge am Glasstabe hängen bleibt und sodann auf der mit Mehl bestäubten Hand unter Mehlzusatz zu einem steifen, nicht mehr klebenden Teig verknetet. Aus dem Gewicht des Teiges (Mehl + 10 g Wasser) läßt sich die Aufnahmefähigkeit für Wasser, die auf 100 g Mehl angegeben wird, leicht berechnen.

Halenke und Möslinger [23] glaubten einen innigen Zusammenhang zwischen der Beschaffenheit der Stärke und der Backfähigkeit annehmen zu dürfen, da sie in schlecht backendem, aus ausgewachsenem Getreide hergestelltem Mehl normalen Kleber sowohl nach Menge und Beschaffenheit feststellen konnten, während andererseits derartige Mehle beim Erwärmen ihrer wässerigen Aufschwemmungen auf 60—70° weitaus zuckerreichere Filtrate lieferten (30—50 Proz.) als normale Mehle (10—20 Proz. Maltose) Diese Erscheinung glauben sie auf die Anwesenheit verzuckernder Enzyme zurückführen zu sollen, eine Annahme, die aber durch die Untersuchungen von Keim [24], Günther [25], Backer und Hutter [26] nicht bestätigt wurde. Die gleichfalls von Halenke und Möslinger angegebene Verkleisterungsprobe kann, wenn gleichzeitig eine Vergleichsprobe mit normalem Mehl angestellt wird, zur Beurteilung herangezogen werden.

Als zuverlässiger wird die praktische Backprobe durch den Bäcker empfohlen, vorausgesetzt, daß dieser die vielfach beim Mehl verschiedener Herkunft zu beobachtenden besonderen Eigenschaften zu berücksichtigen versteht.

Hinzuweisen ist noch auf eine größere Anzahl von Apparaten, die zur Feststellung der Backfähigkeit empfohlen werden und die praktische Ausführung des Backens im kleinen gestatten so der Apparat von Kreusler [27], das Farinometer von Kumis [28] und das von Sellnik [29] erfundene Artopton. Hoffmann [30], der dem Reifezustand der Eiweißstoffe einen wesentlichen Einfluß auf die Backfähigkeit zuschreibt, hält das Bleichen der Mehle nicht für geeignet, die Backfähigkeit zu erhöhen, wie dies von anderer Seite geschehen ist. Eine dauernde Verbesserung kann durch Vermischen des Getreidemehles mit Malzmehl erzielt werden, da hierbei dem Getreidemehl nur günstig wirkende Enzyme zugeführt werden. Auch Ozonbleiche schädigt die Backfähigkeit (C. Brehm, Z. f. Biol. 1909).

Zur Prüfung der Mehle auf den Kleiengehalt sind in der Praxis mehrere Verfahren in Gebrauch. 1. Das Pekarisieren. Das Pekarisieren unterscheidet die Mehle nach ihrer Farbe, die besonders in angefeuchteten Mehlen scharf hervortritt, da mit zunehmendem Kleiengehalt die Mehle eine gelbliche bis bräunliche Farbe annehmen. 2. Die Siebprobe. Zur Bestimmung des Feinheitsgrades wird das Mehl durch Müllergaze Nr. 8 (0.2 mm Maschenweite) gesiebt. Gebeutelte Weizenmehle dürfen nicht mehr als 7, Roggenmehle nicht mehr als 3 Proz. Rückstand geben.

3. Die Bamihlsche Kleberprobe [32] dient zur annähernden Bestimmung

des Klebers und zum Nachweis von Weizenmehl in Mehlgemischen. Sie benützt den Umstand, daß nur Weizenmehl einen auswaschbaren zusammenhängenden Kleber gibt, während die Eiweißkörper der anderen Mehle ein gelatinöses Gerinnsel liefern.

Auf diesem Verhalten des Klebers beruht das von Tomascheck und Kleeberg [33] zum Nachweis von Weizen in Roggenmehl angegebene Verfahren. Wird Mehl mit lauwarmem Wasser angerührt und zwischen zwei Objektträger durch Hin- und Herschieben des oberen gewissermaßen gewalzt, so entstehen bei Gegenwart von Weizenmehl nudelförmige Gebilde aus Weizenkleber.

4. Milbenprobe. Zu erwähnen ist noch die Milbenprobe. 300—500 g Mehl werden entweder in einem zylindrischen Glasgefäß gut zusammengerüttelt, so daß das Mehl der Glaswand glatt anliegt oder auf eine Glasplatte aufgedrückt und mit einer flachen Schale bedeckt; nach etwa 24stündigem Stehen sind bei Anwesenheit von Milben die durch ihre Bewegungen veranlaßten Gänge zu beobachten.

In neuerer Zeit hat Lichti [34] die Katalaseprüfung mit Wasserstoffhyperoxyd wieder aufgenommen, die bereits von Bremer [35], — allerdings mit nicht befriedigendem Erfolg — studiert worden war. Nach Lichti enthält die Kleie eine Katalase, die Wasserstoffhyperoxyd aufzuspalten vermag; der Klebergehalt eines Mehles findet daher ein Maß in der Menge des aus dem Wasserstoffhyperoxyd entwickelten Sauerstoffes.

Nachweis gebleichter Mehle.

Nach E. Fleurent [34] wird das aus 50 g Mehl mit Benzin extrahierte Mehlöl, das bei normalem Mehl gelb, bei gebleichtem hellfarbig oder weiß ist, mit 1 ccm einer 10proz. alkoholischen Kalilauge versetzt. Normales Fett bleibt gelb, gebleichtes färbt sich orangerot.

Nach Roscoe H. Shaw [37] wird 1 kg Mehl mit 95proz. Alkohol extrahiert, die Lösung eingedampft, der Rückstand mit Alkohol-Äther aufgenommen, verdampft und auf das beim Erkalten entstehende Häutchen ein Tropfen Diphenylaminlösung gegeben.

Nach F. J. Avery und R. A. Gortner [38] enthält gebleichtes Mehl eine geringe Menge Nitrite, etwa 63 Teile auf 1 Mill. Teile Mehl, die durch das Reagens von Gries-Ilosvay nachgewiesen werden kann. (Metaphenylendiamin und verdünnte Schwefelsäure. Gelbbraune bis rote Färbung bei Gegenwart von salpetriger Säure. Berl. Ber. 1878, II, 624).

Mikroskopische Untersuchung.

Bezüglich der mikroskopischen Untersuchung auf Beimengung fremder Mehle, Unkräuter usw. muß auf die Spezialliteratur hingewiesen werden. Ganz allgemein bemerkt sei nur, daß das zu untersuchende Mehl für die Zwecke der mikroskopischen Untersuchung vorzubereiten ist, um die meist in geringer Menge vorhandenen Beimengungen neben der überwiegenden Menge Stärke gewissermaßen zu konzentrieren, indem die Stärke entweder verkleistert, verzuckert oder in leicht abschlemmbare Form übergeführt wird.

Bodenprobe von Schimper [39]. 2 g Stärke werden mit 100 ccm Wasser und 2 ccm konzentrierter Salzsäure gekocht und absitzen gelassen. Lebbin

[40] verrührt 3—5 g des sorgsam verkleinerten, durch ein Sieb von 2 mm Maschenweite gesiebten Materials mit 100 ccm Wasser, kocht sodann eine halbe Stunde, setzt darauf 50 ccm 20proz. Wasserstoffsuperoxydlösung zu, kocht abermals 20 Minuten und setzt während des Kochens 15 ccm 5proz. Ammoniak in Portionen von 1 ccm zu und kocht sodann noch weitere 20 Minuten.

Nach der Wendermethode wird Mehl oder Kleie zunächst eine viertel Stunde mit 1¼proz. Schwefelsäure gekocht, durch ein Tuch filtriert, der Rückstand 5 Minuten lang mit 2½proz. kochender Natronlauge behandelt.

Zum Absetzenlassen der nach einem der beschriebenen Verfahren mehr oder weniger isolierten Gewebsformen bedient man sich zweckmäßig des von Spaeth angegebenen Sedimentierglases, eines Spitzglases, das am verjüngten Boden einen Glashahn trägt, der nicht durchbohrt ist, sondern nur eine Vertiefung besitzt, in der sich das abzusetzende Material ansammelt und durch Drehen des Hahnes von der überstehenden Flüssigkeit getrennt werden kann.

Besonders hingewiesen sei auf den Nachweis von Mutterkorn, Brandsporen, Kornrade und Taumellolch.

Mutterkorn. Sind in dem nach Schimper erhaltenen Bodensatz nach Antrocknen und Benetzen mit Nelkenöl unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrößerung rosenrote Flecken zu beobachten, so ist eine eingehende Untersuchung auf Mutterkorn auszuführen.

Brandsporen. Im Weizenmehl finden sich öfter die schwarzen Sporen des Weizenbrandes (Stinkbrand): Tilletia Caries, T. laevis. Beide sind meist kugelig, mit dicker äußerer Membran (Exosporium) versehen, etwa 0,017 mm im Durchmesser, unter dem Mikroskop braungelb; Tilletia Caries hat eine netzmaschige Membran, T. laevis eine glatte. Im Roggenmehl kommt der Roggenkörnerbrand, T. secalis, vor, aber nur selten; seine Sporen sind größer, 0,018—0,023 mm, und noch stärker netzmaschig. Im Gersten- und Hafermehl, aber nicht selten auch im Weizenmehl und selbst Roggenmehl finden sich die viel kleineren, braunen, runden, glatten, nur 0,005—0,008 mm großen Sporen des Flugbrandes, Ustilago Carbo, den man neuerdings in mehrere Arten zerlegt hat. Hinsichtlich der Größe steht in der Mitte zwischen dem Weizenbrande und dem Flugbrande der Maisbrand oder Beulenbrand, Ustilago Maydis, der sehr häufig ist. Seine kugeligen Sporen haben 0,009 bis 0,011 mm Durchmesser und ein netzmaschiges Exosporium, mit nur wenigen als Stacheln hervortretenden Leisten. Ustilago destruens bewohnt die Hirse. Sporen 0,008—0,012 mm Durchmesser, braun, kugelig, undeutlich, netzig. Andere Arten von Brandsporen finden sich auf anderen Pflanzen. Der Weizenstinkbrand enthält Trimethylamin.

Kornrade (Agrostema Githago). In gröberen Mehlen, welche die schwarzbraun gefärbten höckerigen Schalenteilchen des Samens der Kornrade enthalten, kann diese durch die Bodensatzprobe aufgefunden werden, wobei die Aufhellung des Präparates zweckmäßig mit Chloralhydrat erfolgt. In feineren Mehlen, in welchen diese Schalenteilchen fehlen, sind die charakteristischen keulen- oder spindelförmig zusammengesetzten Stärkekörner des Gewebes aufzusuchen. Der giftige Bestandteil der Kornrade, das Sapotoxin, findet sich im Embryo [41].

Beurteilung.

Der Geschmack normaler Mehle ist neutral; süßlicher, saurer, ranziger, bitterer oder kratzender Geschmack deutet entweder auf Verdorbensein, auf schlechte Lagerung oder auf Beimengungen durch mangelhaften Mühlenbetrieb (Unkräuter) hin. Gutes Mehl fühlt sich trocken an; die sogen. Griffigkeit ist eine für den Praktiker wichtige Eigenschaft. Mehle, die viel Schimmelpilze, Bakterien, Milben, Brandsporen, Mutterkorn usw. enthalten, sind verdorben. Kleine Reste von Mutterkorn lassen sich aus dem Getreide nicht vollständig entfernen.

Der Wassergehalt der Weizen- und Roggenmehle schwankt der Luftfeuchtigkeit entsprechend zwischen 10 und 15 Proz., andere Mehle können einen etwas höheren Gehalt (18 Proz.) besitzen.

Der Mineralstoffgehalt, einschließlich Mühlenstaub, beträgt im Weizenmehl 1,5—1 Proz., in Roggenmehl 1—2 Proz., der in Salzsäure unlösliche Anteil der Asche (Sand) nicht mehr als $^1/_{10}$ Proz. Grobe Ausfuhrmehle dürfen einen höheren Aschegehalt besitzen: Weizen 2,6, Roggen 1,8, Kleie 4,1 Proz.

Der Säuregehalt normaler Mehle beträgt nach Hilger, Günther [42] in normalen Weizenmehlen 0,004—0,02; in Roggenmehlen 0,023—0,045 Proz. Milchsäure, ausgewachsene Mehle enthalten 0,059—0,112 Proz. Milchsäure und 0,5—1,0 Proz. Maltose.

Zu beanstanden sind Beimengungen von Kupfer- und Zinksalzen und Alaun, und von indifferenten der Gewichtsvermehrung dienenden Stoffen. Spuren von Zink und Kupfer können auf natürliches Vorkommen zurückgeführt werden (siehe oben). Bleigehalt ist jederzeit zu beanstanden.

Der Klebergehalt normaler Weizenmehle betrage mindestens 25 Proz. (feucht gewogen), die wasserbindende Kraft bis 60 Proz., bei Roggenmehl bis 52 Proz. Gutes Mehl bilde einen steifen, längere Zeit haltbaren Kleister, liefere bei der Diastaseprobe trübe, schwer filtrierbare Flüssigkeiten, deren Maltosegehalt bei Weizenmehl 10—15 Proz., bei Roggenmehl 10—45 Proz. beträgt und bei schlechten Mehlen auf 30—50 Proz. ansteigt.

Über die Backfähigkeit entscheidet am besten der praktische Versuch.

Literatur:

1) Schulze und Steiger, Zeitschr. physiol. Chem. **13**, S. 385.
2) Pharm. Zentralh. 1895, **36**, 641.
3) Ebenda 1895, **36**, 655; Himly, Chem. Zentralbl. [3 F], **9**, 715.
4) Pharm. Zentralh. 1904, **45**, 965.
5) Z. öff. Chem. 1905, **11**, 36.
6) Balland, Journ. Pharm. Chim. 1885; Hilger, Vierteljahresschr. 1886, **1**, 61.
7) Hoffmann, Wochenschr. f. Br. 1908, **25**, 108; Z. U. N. 1909, **17**, 685; Brahm, Z. U. N. 1907, **13**, 198; Silberberg „Die Mühle" 1905, 42, Nr. 21; Z. U. N. 1905, **10**, 491.
8) E. Fleurent, C. r. 1906, **142**, 180; Z. U. N. 1907, **13**, 582; F. J. Ewery, Americ. Chem. Soc. 1907, **29**, 571; Z. U. N. 1908, 306.
9) Rep. anal. Chem. 1886, **6**, 359.
10) Chem.-Ztg. 1889, **13**, 433.
11) Chem.-Ztg. 1896, **22**, 103.
12) Ebenda S. 296; Arch. Hyg. 1895, **24**, 1.
13) Anal. chem. pharm. **91**, 237.
14) Forschungsber. 1896, **3**, 251.
15) Handbuch der Spiritusfabrikation. Berlin 1898, S. 106.
16) Mitt. pharm. Inst. Erlangen. 1880, 2. Heft.
17) Z. U. N. 1904, **18**, 167; Z. angew. Chem. 1900, S. 1074 und 1011; 1901, 461.

18) Z. U. N. 1907, **14**, 205.
19) F. Hoffmann, Wochenschr. „Brauerei“ 1908, **25**, 108.
20) Z. U. N. 1907, **13**, 69.
21) Kosutany über Weizen und Weizenmehl. Journ. f. Landw. 1905, **51**, 139 und 329.
22) Lehrb. d. Nahrungsm.-Chem. Heidelberg 1894.
23) Korrespondenzbl. bayr. Chem. 1884, Nr. 1.
24) Ebenda. Nr. 2.
25) Hilger, Mittlgn. d. Pharm. Inst. Erlangen. II. Heft, 1889. Riegersche Buchh. München.
26) Jorn. Soc. Chim. Ind. 1908, **27**, 368.
27) „Mühle“ 1887, **24**, 35; Hilger, Viertel-Jahres-Schrift 1882, **2**, 544.
28) Ebenda. 1886, **23**, 422; 1887, **24**, 562.
29) Z. U. N. 1899, **2**, 875.
30) Wochenschr. f. Brau. 1908, **25**, 108; Z. U. N. 1909, **17**, 685.
31) Brahm, Z. U. N. 1904, **8**, 669.
32) Z. annal. Chem. 1871, **10**, 366; Vereinb. f. d. Deutsche Reich **2**, 21. Springer, Berlin.
33) Chem.-Z. 1892, S. 1071.
34) Journ. Amer. chem. Soc. 1906, **28**, 687; Z. U. N. 1907, **13**, 199.
35) C. r. 1906, **142**, 180; Z. U. N. 1907, **13**, 582.
36) Americ. Chem. Soc. 1907, **29**, 1503; Z. U. N. 1908, **15**, 306.
37) Chem.-Z. 1909, **33**, 1057.
38) Z. U. N. 1906, **11**, 569.
39) Anleitung z. mikr. Unters. d. Nahrungsm. nach Schimper, 1886, **15**.
40) Arch. f. Hyg. 1897, **28**, 212.
41) Lehmann, Arch. f. Hyg. 1893, **13**, 109.
42) Mittlgn. d. Pharm. Inst. Erlangen. 1889, 2. Heft, 13.

Brot.

Unter Brot und Brotwaren sind die aus Mehl verschiedener Feinheitsgrade in der Bäckerei unter Anwendung von Lockerungsmitteln hergestellten Erzeugnisse zu verstehen [1].

Zur Brotbereitung dient fast ausschließlich Weizen- und Roggenmehl, da nur diese beiden ein lockeres und schmackhaftes Brot liefern. Als Zusatz zu schlecht backendem (auch verdorbenem) Mehl sind Bohnen-, Reis-, Gersten- und Kartoffelmehl empfohlen worden. Ein solcher Zusatz muß, wie aus mehreren gerichtlichen Erkenntnissen hervorgeht, deklariert werden.

Die Herstellung eines leicht verdaulichen Nahrungsmittels aus Mehl in Form von Brot oder sonstigen Backwaren, auch Mehlbrei beruht darin, daß die Stärkekörnchen durch das Backen oder Kochen zunächst frei gemacht und durch das vorhandene Wasser bei höherer Temperatur verkleistert werden. Für die Brotbereitung kommt noch besonders in Betracht, daß diese teilweise verkleisterte Stärke nicht zu einer dichten, kompakten Masse eintrocknet, sondern ein poröses lockeres Gefüge behält. Um dies zu erreichen, muß das Mehl einen elastischen bindenden Teig geben, wie dies die kleberreichen Weizen- und Roggenmehle tun, außerdem müssen aber Lockerungsmittel angewendet werden. Als solche wirkt neben dem beim Backen entstehenden Wasserdampf, der in feine Bläschen verteilt den elastischen zähen Teig auftreibt, vorzugsweise die Kohlensäure, die entweder durch Gärung (Hefe, Bakterien, Sauerteig) oder durch Zusatz von Bikarbonaten oder Mischungen solcher und Säuren (Weinsäure, saurem Kalziumphosphat usw.) erzeugt wird.

Die Hefegärung wird durch Anstellen des Teigs mit Hefe (Weißbrotbäckerei) eingeleitet, wobei aus dem im Mehl vorhandenen oder durch Enzyme gebildeten Zucker Alkohol und Kohlensäure entsteht. Der Sauerteig enthält

neben Hefen (Sacch. minor) zahlreiche Bakterien (verschiedene Koliarten), bei der durch ihn hervorgerufenen Gärung entstehen neben Alkohol und Kohlensäure auch Wasserstoff, der gleichfalls lockernd wirkt, sowie Essigsäure, Buttersäure und Milchsäure (saures Brot).

An der reinen Spaltpilzgärung sind vorwiegend das zahlreich im Mehl vorhandene koliähnliche *B. levans* und Milchsäurebakterien beteiligt. Sie wird praktisch ausgeführt in der Schrotbrotbereitung, bei der Mehl und Wasser für sich der Gärung überlassen werden. *B. levans* vergärt anaerob den Zucker unter Bildung von Kohlensäure und organischen Säuren, wird aber durch die säurefesteren Milchsäurebakterien in seiner weiteren Entwicklung gehemmt, wodurch die Tatsache erklärt wird, daß ein frischer Mehlteig durch Impfen mit einem ausgegorenen nicht zum Aufgehen gebracht werden kann.

Näheres über die Mehlteiggärung kann in ausführlicher Zusammenstellung im Kapitel Mykologie des Bäckereiwesens nachgesehen werden [2].

Neuerer Zeit wird auch zur Schwarzbrotbereitung Reinhefe verwendet und ein Brot erzeugt, das sich durch geringen Säuregehalt, durch den Mangel an Buttersäure und Essigsäure auszeichnet (Schiötz-Christensen). Die Menge des im backreifen Teig vorhandenen Alkohols beträgt nach Snyster-Voorhus [3] fast 1 Proz., das frische Brot ist fast alkoholfrei. Ob das Aroma des Brotes durch Bildung von Estern oder durch unmittelbare Einwirkung der Spaltpilze hervorgerufen wird, ist noch nicht entschieden. Bei der Teiggärung scheint neben der Auflockerung noch eine Anzahl anderer für die Brotbereitung wichtiger Vorgänge sich abzuspielen, von denen nur die Veränderungen (Abbau) des Eiweißes und die Fettspaltung erwähnt werden mögen.

Das Backen bewirkt durch Vergrößerung der zahlreichen Gasbläschen eine weitere Auflockerung, der Kleber verliert seine elastische Beschaffenheit und bräunt sich unter dem Einfluß der vorhandenen Säuren, Alkohol und Kohlensäure entweichen, die Stärkekörner werden verkleistert, zum Teil in Zucker übergeführt und an der Außenseite des Brotes durch die hohe Außentemperatur (200°—300°, die Temperatur im Innern übersteigt kaum 100°) in Dextrine, Zucker und aromatische Röstprodukte umgewandelt, Hefen und Bakterien aber getötet.

Im wesentlichen unterscheidet man nach dem Feinheitsgrad des Mehles kleiefreies Brot, das aus kleiefreiem Mehl, und Schrotbrot, zu dessen Herstellung das ganze gemahlene Korn verwendet wird. Zu der ersten Sorte gehört das ungesäuerte Weizenbrot, Semmel, Milchbrot, Zwieback und das gesäuerte Roggenbrot, zu der letzteren Grahambrot, Pumpernickel (gesäuert und ungesäuert) sowie das kleienarme Kommißbrot.

Die als Aleuronat, Roborat- und Albuminbrot empfohlenen Erzeugnisse sind unter Zusatz dieser aus Kleber gewonnenen Eiweißpräparate hergestellt. Zu erwähnen sind noch die sogenannten Hungerbrote, bei denen Weizen- und Roggenmehl ganz oder teilweise durch Mehl anderer Getreidearten (Hafer, Gerste, Buchweizen), durch Kartoffelmehl, durch Kleie verschiedener Getreidearten, durch Unkräutersamen und endlich durch gemahlenes Stroh, Baumrinde usw. ersetzt wird.

Die verschiedenen Küchenbackwaren mit ihren mannigfachen Zusätzen von Gewürzen, Zucker, Früchten können hier übergangen werden.

Das Altbackenwerden des Brotes ist eine Erscheinung, deren Vorgang

noch nicht genügend aufgeklärt ist. Die Tatsache, daß altbacken schmeckendes Brot durch Erhitzen auf etwa 80° wieder vorübergehend frisch schmeckend wird, deutet nicht so sehr auf einen Wasserverlust als Ursache hin, als vielmehr auf eine Veränderung des Lösungszustandes des Amylodextrins, das sich im kalt gewordenen Brot nach einiger Zeit in fester Form abscheidet, durch Erwärmen aber wieder in Lösung gebracht werden kann. Das Weichwerden der Kruste erfolgt durch Einwanderung des Wassers aus der Krume [4].

Die Zusammensetzung des Brotes und der Backwaren ist nach Herstellung und der Mehlsorte verschieden, für die wichtigsten Gebäcksarten gibt König [5] folgende Mittelwerte an:

	Wasser	Stickstoffsubstanz	Fett	Zucker	Stickstofffreie Subst.*)	Holzfaser	Asche
Weizenbrot, fein	33,66	6,81	0,54	2,01	55,79	0,31	0,88
„ gröber . . .	37,27	8,44	0,91	3,19	47,80	1,12	1,27
Roggenbrot, fein	39,70	6,43	1,14	2,51	47,93	0,80	1,49
Pumpernickel	42,22	7,16	1,80	3,28	43,16	1,48	1,40
Kommißbrot mit 15 % Kleie	38,88	6,04	0,40	3,05	48,51	1,55	1,57
Zwieback, (Schiffs-) . . .	9,54	9,91	2,55	2,20	73,25	0,85	1,70
„ (Kakes), fein .	7,48	8,80	9,07	17,80	55,64	0,39	0,82

Untersuchungsmethoden.

Wassergehalt. 5—10 g Krume werden bei langsam bis auf 105° ansteigender Temperatur getrocknet. Vortrocknen bei 40° zu empfehlen. Soll der Wassergehalt des ganzen Brotes bestimmt werden, so entnimmt man eine größere Probe, in der die Verteilung von Krume und Rinde der des ganzen Brotes entspricht.

Der Aschegehalt, der Gehalt an Stickstoff, Zucker, Zellulose wird wie beim Mehl bestimmt, der Fettgehalt nach Polenske [6]. 10 g Brotpulver werden mit 50 ccm Wasser und 1 ccm Salzsäure (1,12) im kochenden Wasserbade $1\frac{1}{2}$ Stunde lang erhitzt, um die Stärke zu verzuckern. Die Lösung wird sodann mit 1 g Kalziumkarbonat versetzt und nach dem Erkalten mit 50 ccm Chloroform etwa 15 Minuten lang geschüttelt; nach 24stündigem Stehen hat sich die Chloroformschicht abgeschieden, in 25 ccm der Chloroformlösung (wenn nötig filtriert) wird das Fett durch Verdampfen des Chloroforms und Trocknen des Rückstandes bei 105° bestimmt. Soll die Art des Fettes festgestellt werden, z. B. ob Butterfett, Margarine, Schweineschmalz usw. vorliegt, so werden nach J. C. Berntrop [7] wenigstens 150—200 g Substanz mit 500 ccm Wasser und 100 ccm starker Salzsäure 2 Stunden lang am Rückflußkühler erhitzt, nach dem Erkalten Zellulose und Fett durch Filtrieren von der Flüssigkeit getrennt, das Filter ausgewaschen, getrocknet, mit Sand zerrieben und mit Äther oder niedersiedendem Petroläther das Fett extrahiert. Mit dem Rückstand des Extraktionsmittels können sodann die üblichen Verfahren zum Nachweis der Fette: Verseifungszahl, Jodzahl, Reichert-Meißlsche Zahl usw. ausgeführt werden (siehe E. Späth, Fett von Weizen- und Roggenmehl [8]).

Säuregehalt. K. B. Lehmann [9] übergießt 100 g fein zerpflücktes,

*) Zuckerfrei.

rindenfreies Brot in einem kalibrierten geräumigen Becherglas mit heißem Wasser bis das Volumen 400 ccm beträgt, rührt gut um, läßt einige Stunden stehen und bestimmt sodann in 100 ccm mit Normallauge die Azidität (Indikator Phenolphthalein). Säuregrade = Anzahl der verbrauchten Kubikzentimeter Lauge für 100 g Krume. Die Säuren des Brotes (saure Phosphate, Fettsäuren, Milchsäuren usw.) werden demselben mit Wasser leicht entzogen.

Nachweis von Alaun, Blei, Kupfer- und Zinksalzen. Zum Nachweis des Alauns tauche man das Brot 6—7 Minuten lang in Kampescheholztinktur (5 g Kampescheholz, 100 ccm 96proz. Alkohol) und drücke es aus. Nach 2—3 Stunden färbt sich das Brot, wenn Alaun vorhanden ist, violett, alaunfreies Brot nimmt hierbei nur eine gelbliche Färbung an.

Kupfersulfat kann durch Betupfen des Brotes mit Ferrocyankalium (rote Flecken) erkannt werden, am sichersten aber führt man den Nachweis der Schwermetalle in der Asche des Brotes nach den üblichen analytischen Methoden.

Seife. Der Zusatz von Seife, der in der Zwiebackbäckerei vielfach üblich sein soll, kann nach den bisher vorgeschlagenen Verfahren nicht mit der wünschenswerten Sicherheit erkannt werden.

Mikroskopische Untersuchung. Im allgemeinen dieselbe wie bei Mehl, nur weitaus schwieriger, da die Stärke durch Verkleisterung deformiert ist, andere Gewebselemente verändert sind. Die Prüfung auf Unkräutersamen geschieht am besten durch das beim Mehl angegebene Absetzverfahren nach vorhergegangener Behandlung nach der Wendermethode (siehe Mehl). Zweckmäßig kann auch die Trennung der Stärke von den Schalenteilen und dem Kleber durch Auswaschen und Filtrieren durch Gaze nach E. Collin [10] erreicht werden, wobei man in derselben Weise verfährt wie bei Bestimmung des Klebers im Mehl. Bemerkenswert ist eine Angabe, nach welcher im Weißbrot öfters noch vermehrungsfähige Hefezellen anzutreffen seien.

Beurteilung.

Ein gutes Brot soll angenehmen Geschmack und Geruch und jenen Grad von Lockerung besitzen, der dem angewendeten Lockerungsmittel (Triebmittel) in normaler Weise entspricht. Die Rinde soll hart und frei von Rissen sein, die Krume gleichmäßig porös, nicht wasserstreifig und speckig, auch sollen Mehlknötchen darin nicht vorkommen. Der Wassergehalt der Krume soll 40—45 Proz. nicht überschreiten, der Aschegehalt, der je nach dem Feinheitsgrad des Mehles und dem Kochsalzzusatz wechselt, soll nach Abzug des Kochsalzes nicht mehr als 2,5 Proz. (dabei nicht mehr als 0,4 Proz. Sand) betragen. Als zulässigen Säuregehalt bezeichnet K. B. Lehmann [11] für frisches Weißbrot etwa 4, für Schwarzbrot 6—7 Säuregrade.

Schimmliges*) [12], fadenziehendes (Bact. mesentericus), rotes (Bact. prodigiosum) ist als verdorben zu bezeichnen. Die Verwendung von Brotöl (Mineralöl) bei Herstellung von Backwaren ist unstatthaft. Der Ersatz von Weizen- und Roggenmehl durch andere Mehle ist zu kennzeichnen, als Streumehl soll nur reines, wenn auch geringeres Mehl, benutzt werden. Gegen

*) Durch das Schimmeln werden die Kohlehydrate veratmet, die Eiweißkörper, wie es scheint, z. T. in Amidoverbindungen übergeführt, der Nährwert eines solchen Brotes ist daher erheblich vermindert.

die Verwendung des für sich sehr sauberen Holzstreumehles, die an manchen Orten untersagt ist, besteht eigentlich wohl kaum ein begründetes Bedenken.

Erwähnt sei noch, daß die Forderung, sogenanntes Buttergebackenes dürfe nur mit Butter hergestellt werden, durch die Rechtsprechung der letzten Jahre eine Unterstützung nicht erfahren hat.

Literatur:

1) Vereinbarung f. d. Deutsche Reich, 1899. J. Springer. Heft II, S. 7.
2) F. Lafar, Handbuch der techn. Mykol. Jena, Gustav Fischer, 1905—1908, **2**, 514.
3) U. S. Dep. of Agric. Bul. 67. Washington 1899.
4) L. Boutroux u. L. Lindet, C. r. 1902, **134**, 908; Z. U. N. 1903, **6**, 173.
5) Chemie d. Nahrungsm. 1903, **2**, 878.
6) Arb. d. K. G.-A. 1893, **8**, 678.
7) Z. f. angew. Chemie 1902, **15**, 121.
8) E. Späth, Forschungsbericht 1896, **3**, 252.
9) Arch. f. Hyg. 1894, **19**, 363.
10) Chem. analyt. 1907, **12**, 41; Röttger, Lehrb. d. Nahrungsm.-Chem. 1910, 4. Aufl., S. 420.
11) Arch. f. Hyg. 1893, **19**, 363.
12) Fr. Dietrich, Ber. II. Vers. bayer. Chemiker 1892, 93.

Mehlpräparate, Stärkemehl, Kindermehle, Suppeneinlagen, Teigwaren.

Kartoffelwalzmehl (Tätosin vom englischen tatoes) ist ein gelblichweißes Pulver, wird als Zusatz zu Weizen- und Roggenmehl empfohlen.

Wasser 10,69 Proz., Protein 6,59 Proz., Fett 0,23 Proz., Rohfaser 1,18 Proz., stickstofffreie Extraktstoffe 78,78 Proz., Asche 2,58 Proz.

Stärkemehle. Die Stärkemehle des Handels stellen ein weißes lockeres Pulver dar; sie bestehen aus den in verschiedenen Pflanzenteilen enthaltenen mikroskopisch kleinen Stärkekörnchen, die durch Abschlemmen des mechanisch zerkleinerten oder chemisch aufgeschlossenen Rohmaterials in mehr oder weniger reinem Zustande aus dem Zellgewebe gewonnen werden. Die Stärkekörner verschiedener Herkunft unterscheiden sich chemisch nur in geringem Grade. Sie bestehen vorwiegend aus Amylum oder Granulose $(C_6H_{10}O_5)_n$, dem durch Säuren oder Fermente leicht in Lösung überführbaren Anteil; die Existenz eines weniger leicht löslichen Teiles der Stärkezellulose (Nägeli) wird von anderen Forschern bestritten. Charakteristisch für die Stärke ist die Blaufärbung mit Jod. Morphologisch zeigen die verschiedenen Stärkesorten zumeist charakteristische Unterschiede, so daß ihre Abstammung mittels des Mikroskops in den meisten Fällen sicher bestimmt werden kann. Weizen-, Roggen-, Gerstenstärke aus einfachen, nicht zusammengesetzten Körnern bestehend, ist sehr schwierig zu unterscheiden, wenn nicht gleichzeitig wie im Mehl Begleitformen aus dem Korn (Haare, Kleberschicht usw.) vorhanden sind. Die großen Körner des Weizens besitzen im allgemeinen rundliche, die des Roggens gebuckelte mit kreuzweisen Kernspalten, die der Gerste bohnenähnliche oder knollige Formen, während Kartoffelstärke, Arrowroot, Maisstärke, Reisstärke größerere Unterschiede untereinander aufweisen. Bezüglich der mikroskopischen Bestimmung und Untersuchung der wichtigsten Stärkesorten muß auf die Spezialliteratur hingewiesen werden.

Das westindische Arrowroot wird aus dem Rhizom von Maranta arundiacea gewonnen; das ostindische aus den Wurzelknollen von Kurkumaarten, das brasilianische, auch Tapioka, Maniok, Kassewe genannt, aus den Wurzeln einer Euphorbiacee (Jatropha Manihot).

Sago wird durch teilweise Verkleisterung und Trocknen der kleinen, durch Siebe getriebenen Klümpchen verschiedener Stärkearten hergestellt. Der echte ostindische Sago wird aus der Stärke des Markes verschiedener Palmen (besonders Sagus Rumphii), der brasilianische aus Maniokstärke, der inländische aus Kartoffelmehl gewonnen.

Präparierte Mehle sind entweder feine Mehle für sich oder Mischungen solcher mit verschiedenen Substanzen je nach dem beabsichtigten oder angegebenen Zweck. Hierher gehören:

1. Suppenmehle und Suppentafeln, gewürzte Getreidemehle oder Leguminosenmehle mit Salz und Gewürz.

2. Präparierte Hafermehle und Leguminosenmehle, Mischungen von Getreide- und Leguminosenmehl (Knorr-Heilbronn, Maggi & Co.-Kempthal, Hartenstein & Co.-Chemnitz).

3. Puddingmehle, Mehle mit Gewürzen, Puddingpulver, aromatisierte Maisstärke.

4. Dextrinmehle, in welchen die Stärke mit Malzauszug oder durch Säuren zum Teil in Dextrin und Zucker übergeführt ist. Die Säure wird durch Natriumkarbonat abgestumpft.

5. Suppenkonserven, verschiedene Gemische von Fleisch, Fleischpulver, Fleischextrakt mit Mehl, Fett und Gewürzen.

Kindermehle sind entweder nur präparierte Mehle oder Gemische von solchen mit kondensierter Milch. Schwindelhafterweise trifft man auch unter solcher Bezeichnung gewöhnliche Mehle an. Über die manchmal fragliche Bedeutung dieser Fabrikate für die Ernährung der Kinder muß auf den Abschnitt „Ernährung" hingewiesen werden.

Entsprechend der sehr wechselnden Zusammensetzung dieser Mehle wird in vielen Fällen eine Untersuchung derselben zur Feststellung des Mischungsverhältnisses der einzelnen Bestandteile auszuführen sein. Die mikroskopische Untersuchung und die Untersuchung auf Unverdorbenheit (Schimmel, Bakterien, Milben, Säuregehalt), die Bestimmung des Gehaltes an Wasser, Asche, Rohfaser, Stickstoff, Fett, Kohlehydrate wird wie beim Mehl ausgeführt. Wichtig ist die Bestimmung der löslichen und unlöslichen Kohlehydrate und etwa noch die Feststellung des Mischungsverhältnisses von Mehl und Milch. Erstere wird nach Gerber und Radenhausen [1] wie folgt ausgeführt:

a) bei diastasierten Kindermehlen: 3—5 g des entfetteten Kindermehles werden mit dem zehnfachen Gewicht Wasser (also 30—50 ccm) angerührt, ca. 3 Stunden bei 70—75 ^{0} C digeriert, zu der Lösung unter stetem Umrühren 100 ccm Weingeist von 50 Proz. gesetzt und so lange stehen gelassen, bis die Lösung klar ist; alsdann wird mit Hilfe der Saugpumpe filtriert und der Rückstand vollständig mit 50grädigem Weingeist (mindestens 100 ccm) ausgewaschen, das Filtrat auf ein bestimmtes Volumen (250 oder 500 ccm) gebracht, hiervon ein aliquoter Teil zunächst in einem Becherglase auf $^1/_4$ seines Volumens verdampft und falls ein flockiger Niederschlag von Albuminaten usw. entsteht, nochmals filtriert; zuletzt verdampft man die Lösung in einer vorher gewogenen Platinschale zur Trockne, trocknet bei 100 bis 105 ^{0} C bis zur Konstanz des Gewichtes, wägt und äschert ein. Die Menge des Extraktes minus Asche ergibt die Menge der löslichen Kohlehydrate.

b) Bei den gewöhnlichen Kindermehlen werden ebenfalls 3—5 g der entfetteten Substanz mit dem 10fachen Gewicht Wasser vermischt, 5 Minuten unter stetem Umrühren gekocht, nach dem Erkalten 100 ccm

Weingeist von 50 Proz. zugegeben, anfänglich wiederholt umgerührt und dann absitzen gelassen; alsdann wird die Lösung abfiltriert, der Rückstand wiederholt mit 50grädigem Weingeist ausgewaschen, das Filtrat auf ein bestimmtes Volumen gebracht und weiter genau wie unter a verfahren.

c) Den hierbei verbleibenden Rückstand kann man gleich zur Bestimmung der unlöslichen Kohlehydrate (Stärke) benutzen; man bringt ihn noch feucht in einen Kolben von 400 ccm Inhalt, übergießt ihn mit 200 ccm Wasser und 20 ccm Salzsäure und erwärmt 3 Stunden lang in siedendem Wasser. Nachdem sich der unangegriffene Teil abgesetzt hat, filtriert man in einen Literkolben, wäscht aus, neutralisiert mit Natronlauge, füllt auf 1000 ccm auf und schüttelt durch. Sollten sich nach der Neutralisation Flocken abscheiden, so filtriert man durch ein trockenes Filter und titriert einen aliquoten Teil mit Fehlingscher Lösung. Durch Multiplikation des gefundenen Traubenzuckers mit 0,9 ergibt sich die Menge der Stärke.

Das Mischungsverhältnis zwischen Mehl und Milch kann annähernd nach Fr. Hofmann [2] durch Bestimmung des Gesamtfettgehaltes ermittelt werden. Da die gewöhnlichen Mehle etwa nur 0,5 Proz. Fett enthalten (ausgenommen Hafermehl mit 5—7 Proz.), so läßt sich aus dem gefundenen Fettgehalt nach Abzug des Mehlfettes und der Annahme eines mittleren Fettgehaltes der Milch oder der Milchtrockensubstanz die auf 100 Mehl zugesetzte Milchmenge berechnen. Ein Kindermehl mit etwa 3—4 Proz. Fett wird auf 100 Teile Mehl etwa 10 Teile Milchtrockensubstanz entsprechend 80—90 Teile frische Milch enthalten.

Beurteilung. Abgesehen von den allgemeinen Forderungen, die an diese Präparate zu stellen sind, wie angenehmer Geruch und Geschmack, möglichste Keimfreiheit und Unverdorbenheit, saubere und reinliche Aufbewahrung dürfen die milchhaltigen Mehle weder ranziges noch saures Fett enthalten, die Kohlehydrate sollen der leichteren Verdaulichkeit wegen möglichst in löslicher Form, Rohfaser höchstens nur in Spuren vorhanden sein. Der Wassergehalt darf den normaler Mehle in keinem Falle übersteigen.

Teigwaren (Nudeln, Makkaroni, Suppeneinlagen, Paniermehl) sind Fabrikate aus kleberreichem Weizen (hart oder weich), Weizenmehl oder Gries, mit oder ohne Zusatz von Ei, die weder einen Gärungs- noch Röstprozeß durchgemacht haben, verschiedentlich auch gefärbt sind. Ihrer Beschaffenheit nach unterscheidet man Eierteigwaren und Wasserteigwaren (ohne Eier). Die sogenannten Hausmachernudeln sind oder sollen dem Hausgebrauch entsprechend eine ziemlich eierreiche Ware sein (3—4 Eier auf 1 Pfund Mehl). Der Eiergehalt der Eierteigwaren des Handels ist ein schwankender, im allgemeinen weitaus geringerer; Bestrebungen, denselben wenigstens einen Mindestgehalt vorzuschreiben, sind auf harten Widerstand seitens der Fabrikanten gestoßen, so daß diese Frage heute noch nicht als erledigt angesehen werden kann. Der Form nach unterscheidet man Suppennudeln, Fadennudeln, Gemüsenudeln, Röhrennudeln und Makkaroni, Suppeneinlagen (Graupen, Eierflocken, Sternchen usw.). Zu erwähnen ist noch das Paniermehl, das durch Einteigen und Mahlen des getrockneten, nicht gerösteten Teiges fast ausschließlich unter Farbzusatz hergestellt wird. Der Farbstoff hat zweifellos die Röstfarbe zu ersetzen.

Alle diese Produkte sollen aus Weizenmehl hergestellt werden; Zusätze fremder Mehle, ebenso Farbstoffzusatz ist zu kennzeichnen.

Untersuchung. Die mikroskopische Prüfung des in kaltem Wasser

aufgeweichten Materials, die Bestimmung des Asche-, Wasser- und Stickstoffgehalts und der Azidität erfolgt wie bei Mehl und Brot. Wichtig für die Beurteilung dieser Fabrikate ist der Nachweis der Färbung und des Eigehalts. Diese beiden stehen in einem engen Zusammenhang, insofern Eigelb, wie Eier überhaupt, durch Färbung mit einem künstlichen (Teerfarbstoff) oder seltener mit einem natürlichen Farbstoff (Kurkuma, Safran usw.) ersetzt werden.

Zum Nachweis künstlicher Färbung werden 10—15 g der gemahlenen Substanz mit Alkohol (50 Vol.-Proz.) erwärmt und filtriert. Ein Teil des eingeengten, mit Weinsäure angesäuerten Filtrats wird unter Erwärmen mit Wolle ausgefärbt; der andere Teil wird zur Trockne eingedampft und der verbleibende Rückstand weiter untersucht [3]. Konzentrierte Schwefelsäure färbt rasch vorübergehend blau bei Gegenwart von Safran, erzeugt eine beständig indigoblaue Färbung beim Vorhandensein von Orleans; rote bis braungelbe Färbung deutet auf Tropäolin, Kurkuma wird nicht verändert und ist durch die Borsäurereaktion näher nachzuweisen. Der Rückstand in heißem Wasser gelöst, gibt auf Zusatz von Salzsäure einen weißen Niederschlag bei Gegenwart von Martinsgelb. Naphtholgelb S gibt keinen Niederschlag mit Salzsäure, mit konzentrierter Schwefelsäure dagegen eine braungelbe Fällung. Da nach Popp [4] die alkoholischen Auszüge ungefärbter Eier- und Wasserwaren weder in saurer noch neutraler Lösung an Wolle einen Farbstoff abgeben, so ist dieses Verfahren seiner Einfachheit wegen um so mehr zu empfehlen, als im allgemeinen die Bestimmung der Art des Farbstoffes für die Beurteilung nur dann von Wert ist, wenn es sich im besonderen Fall um den Nachweis etwaiger gesundheitsschädlicher Stoffe handeln sollte. Zu bemerken ist, daß unter Umständen die gelbe Farbe des Weizenfettes zu einer Täuschung Veranlassung geben kann.

Nachweis und Bestimmung der Eisubstanz gründen sich auf die Feststellung einzelner, für die Eisubstanz charakteristischen Bestandteile: Lutein (Farbstoff des Eigelbs), Cholesterin, Lezithinphosphorsäure und Gesamtmenge der in Äther löslichen Stoffe.

Für den qualitativen Nachweis hat Weyl das Verhalten des in Äther löslichen Eigelbfarbstoffes zu salpetriger Säure (Entfärbung) und Popp [5] den Nachweis des Cholesterins als Dibromcholesterin empfohlen. 30—100 g der feingemahlenen Probe werden wiederholt mit Äther extrahiert; der Äther verdunstet, der Rückstand mit 10 ccm alkoholischer Kalilauge verseift (Rückflußkühler). Die Seifenlösung wird mit 20 ccm Wasser in einen Scheidetrichter gebracht und einmal mit 40, zweimal mit 20 ccm Äther ausgeschüttelt. der Äther verdampft und der Rückstand abermals verseift, die Lösung wieder ausgeäthert, die Ätherlösung zur Entfernung etwa vorhandener Seife 3 mal mit je 10 ccm Wasser gewaschen, filtriert und endlich auf etwa 10 ccm eingeengt. Auf Zusatz von einigen Tropfen Bromlösung (1 g Brom, 10 ccm Eisessig) entstehen, falls Cholesterin vorhanden ist, die charakteristischen Kristallbüschel des nadelförmigen Dibromcholesterins.

Die quantitative Bestimmung erfolgt durch die Feststellung des Gehaltes an Lezithinphosphorsäure, von Juckenack [6] zu einem praktischen Verfahren ausgearbeitet. 30 g gemahlene Teigware werden in einem Extraktionsapparat mindestens 12 Stunden lang mit absolutem Äther extrahiert. Der Rückstand der Ätherlösung wird mit 5 ccm alkoholischer Kalilauge (Meißl) verseift, in Wasser gelöst und sodann in einer Platinschale ein-

gedampft, verascht bzw. verkohlt. Die kohlehaltige Asche wird mit Salpetersäure ausgezogen (Vorsicht Kohlensäureentwicklung), filtriert und dann das Filter samt der Kohle wieder vollständig verascht und in Salpetersäure gelöst. Die beiden Salpetersäurelösungen werden zur Trockne eingedampft, der Rückstand in verdünnter Salpetersäure aufgelöst und die Phosphorsäure zunächst als Phosphormolybdänsäure nach dem üblichen Verfahren der quantitativen Analyse ausgefällt.

Dieses immerhin etwas umständliche Verfahren hat Ch. Aragon [7] vereinfacht, indem er den Äther durch Alkohol ersetzt. 45 g einer richtigen Durchschnittsprobe (fein gemahlen) werden mit 150 ccm Alkohol in einem Kolben übergossen, der Kolben samt Inhalt gewogen und einige Zeit stehen gelassen, worauf man eine halbe Stunde lang in kochendem Wasserbad erhitzt (Rückflußrohr). Nach dem Erkalten wird der Kolben mit Inhalt mittels Alkohol wieder auf das frühere Gewicht gebracht und von der klarfiltrierten Lösung, die alle in organischer Bindung vorhandene Phosphorsäure enthält, 100 ccm (30 g Substanz) in einer Platinschale unter Zusatz von 2 g Kalisalpeter und 3 g getrocknetes Natriumkarbonat in 20 ccm Wasser gelöst, vorsichtig verdunstet und verascht. Die Asche wird mit heißem Wasser aufgenommen, 25 ccm konzentrierter Salpetersäure, 50 ccm Ammoniummolybdat zugesetzt und die Phosphorsäure in der üblichen Weise bestimmt.

Bestimmung des Ätherextraktes. 20 g lufttrockener, fein gemahlener Substanz werden 6 Stunden lang im Soxhletschen Extraktionsapparat mit Äther extrahiert. Das Extrakt wird nach Verdampfen des Äthers gewogen und kann zur Bestimmung der Refraktion und der Jodzahl dienen. Jodzahl des Fettes 68,5, Weizenmehlfett 100.

Beurteilung. Teigwaren, die den Anforderungen der Küche entsprechen, d. h. beim Kochen in Wasser nicht zerfallen, sondern unter Volumvergrößerung zu einem elastischen Teig anschwellen und eine klare Brühe geben, müssen aus Hartweizen hergestellt werden. Aus kleberarmen Griesen oder Mehlen von Mais, Reis, Kartoffel können Fabrikate, denen diese eben erwähnten Eigenschaften zukommen, nicht gewonnen werden. Der Zusatz solcher Mehle ist daher deklarationspflichtig. Eierteigwaren sollen nach gewöhnlicher Auffassung Eisubstanz in solcher Menge enthalten, daß der Geschmack hiervon deutlich beeinflußt wird, was etwa bei Verwendung von 2 Eiern auf 1 Pfund Mehl der Fall ist. Diese Auffassung findet jedoch nicht die Anerkennung der Teigwarenindustrie, die beispielsweise einen Zusatz von $^3/_4$ Eier oder noch weniger auf 1 Pfund Mehl für die Herstellung von Eierteigwaren für genügend erachtet. Eierteigwaren, die einen genügenden Eiergehalt besitzen, unterscheiden sich bekanntlich vor allem durch ihre gelbe Farbe von den gewöhnlichen Wasserwaren. Eierarme Waren werden daher aufgefärbt; ebenso üblich ist das Färben der Wasserwaren geworden, wodurch diese das Ansehen von Eierteigwaren erhalten. Die Färbung ist daher zu kennzeichnen. Der Nachweis der Eisubstanz durch Bestimmung der Lezithinphosphorsäure und die nicht zu hoch gegriffene Forderung, daß Eierteigwaren mindestens 0,045 Proz. Lezithinphosphorsäure (2 Eier auf 1 Pfund Mehl) enthalten sollen, hat durch die Beobachtung von Jäckle [8], nach welcher die Lezithinphosphorsäure bei längerem Aufbewahren der Eierteigwaren in gepulvertem Zustande eine Aufspaltung erleidet, eine kleine Einschränkung erfahren. Unbrauchbar aber, wie von manchen Seiten behauptet wurde, ist diese Bestimmung nicht, wie dies durch zahlreiche Nach-

prüfungen festgestellt worden ist [9]. Außerdem bietet die Bestimmung der alkohollöslichen Phosphorsäure ein Maß dieser Zersetzung. Auf alle Fälle ist eine Bestimmung des Ätherextraktes vorzunehmen, dessen Menge durch das Lagern der Teigwaren nicht verändert wird [10] und bei Anwendung von 2 Eiern auf 1 Pfund Mehl etwa 2 Proz. beträgt. Eine nähere Untersuchung des Extraktes, insbesondere Bestimmung der Jodzahl, ist auszuführen. Die Jodzahl des Ätherextraktes aus Wasserwaren liegt zwischen 90 und 100, aus Eierwaren zwischen 70 und 80; die Refraktion bei 40° C bei Wasserwaren zwischen 80 und 85, bei Eierwaren 60—70° [11].

Was die Beurteilung verschiedener Konditorwaren (Backwaren, Marzipan, Mandelgebäck, Konfekt, Bonbons, Pasteten, Lebkuchen usw.) anbelangt, so kommen als Verfälschungen in Betracht: 1. Ersatz des Zuckers und Honigs durch künstliche Süßstoffe, Melasse oder Stärkesirup, Ersatz der bitteren Mandeln durch die Samen von Pfirsich und Aprikosen, ferner Verwendung gesundheitsschädlicher Aromastoffe, blausäurehaltiges Bittermandelöl oder Nitrobenzol an Stelle des echten blausäurefreien. Ferner kommen die Verfälschungen oder gesundheitsschädlichen Zusätze, die bereits beim Mehl erwähnt wurden, auch hier in Betracht (Kupfervitriol, Alaun, Zinnchlorid, angeblich in Frankreich und Belgien bei der Herstellung von Pfefferkuchen verwendet). Endlich ist noch die Verwendung gesundheitsschädlicher Farben zu erwähnen. Das Gesetz, betreffend die Verwendung gesundheitsschädlicher Farben, erlaubt als rote Farbe Cochenille, Karmin, Krapprot und den Saft roter Rüben und der Kirsche; für grün: Mischungen von Indigo mit erlaubten gelben Farbstoffen. sowie Auszüge von Spinat (Chlorophyll); für blau: Lackmus, Indigo, Saftblau; für gelb: Safran, Saflor, Kurkuma, Gelbbeeren; für braun: gebrannten Zucker; für weiß: Stärke, und für schwarz: chinesische Tusche (Ruß).

Literatur:

1) Untersuchung d. Milchart. u. Kindermehle, siehe auch Forschungen auf d. Gebiet d. Viehhaltung 1879. Heft 7.
2) Ber. 6. Vers. Ver. öffentl. Gesundheitspflege 1878, S. 97.
3) F. Coreil, Vierteljahrsschr. 1888, **3**, 378.
4) Zeitschr. öff. Chem. 1902, **8**, 424.
5) Zeitschr. öff. Chem. 1908, **14**, 459.
6) Z. U. N. 1900, **3**, 1.
7) Ebenda 1906, **11**, 520.
8) Ebenda 1904, **7**, 304 u. 403.
9) Juckenack u. Pastenack, Z. U. N. 1904, **8**, 94; Sendtner, ebenda S. 101; Lührig, ebenda 1904, **7**, 149 u. **8**, 181 u. 337; Röhrig, Ber. Chem. Unters.-Amt Leipzig 1904; H. Mathes, Chem. Ztg. 1906, **30**, 250.
10) Z. N. U. 1908, **15**, 25.
11) Spaeth, Forschungsber. 1896, **3**, 49 u. 251.

Pflanzenfette. Speiseöle.

Für die Untersuchung dieser Fette und Öle sind dieselben Konstanten wie für Schmalz und Butter zu ermitteln; außerdem bestehen für einzelne Öle Spezialreaktionen, die bei dem betreffenden Öl angeführt werden. Die Konstanten sind am Schluß in einer Tabelle zusammengestellt.

Als Genußmittel kommen in Betracht:

1. Olivenöl, Baumöl, Oleum Olivarum. Je nach Reife, Art der Ernte und Pressen ergeben sich verschiedene Sorten; die feinsten dienen als Speiseöle (Provenceröl, Aixeröl, Jungfernöl).

Verfälschungen. Zusatz fremder Öle, Sesamöl, Rüböl, Kottonöl, Erdnußöl usw., seltener Mohnöl.

Untersuchung. Zunächst sind die Reaktionen auf Baumwollsamenöl (Kottonöl), Sesamöl und Erdnußöl anzustellen, dann die Bestimmung des spezifischen Gewichts und der Jodzahl. Unter den nichttrocknenden Ölen besitzt Olivenöl die geringste Jodzahl, 79—94; höhere Jodzahlen erlauben daher den Schluß auf Beimengungen anderer trocknender und nichttrocknender Öle.

Spezifisches Gewicht, Refraktion und Verseifungszahl werden unter Umständen auszuführen sein. Die Bestimmung des spezifischen Gewichts der Refraktion und die Ermittlung der Jodzahl nach Hübl (0,3—0,4 g Substanz) ist in derselben Weise vorzunehmen, wie dies bei Schweineschmalz und Butter angegeben ist (amtliche Anweisung). Für Olivenöl kommt außerdem noch die Elaidinprobe und die Prüfung auf Erdnußöl in Betracht.

Elaidinprobe. 10 g Öl werden in einem Proberöhrchen mit 5 ccm Salpetersäure (1,41) 2 Minuten lang geschüttelt, dann 1 g Quecksilber hinzugefügt und geschüttelt, bis das Quecksilber gelöst ist. Nach etwa 1/2 Stunde ist der Inhalt des Röhrchens, wenn reines Baumöl vorhanden war, zu einer schwach gefärbten festen Masse erstarrt. Gebleichte Baumöle geben diese Reaktion nicht.

Erdnußöl. Nachweis der Arachinsäure. 20 g Öl werden mit 40 ccm einer alkoholischen Kalilauge (20 g KOH in 100 ccm Alkohol 70 Proz.) verseift. der Alkohol abgedunstet, der Rückstand in Wasser gelöst und die Fettsäuren durch Säure ausgeschieden. Nachdem diese sich beim Erwärmen als ölige Schicht abgeschieden haben, werden sie wiederholt mit heißem Wasser ausgewaschen (abhebern) und nach dem Erstarren das Wasser abgegossen und die Fettsäuren in 300 ccm Äther aufgelöst. Zu dieser Lösung fügt man langsam unter Umrühren 150 ccm alkoholische Bleiazetatlösung (15 g Bleiazetat, 150 ccm Alkohol 90 Vol.-Proz.). Der Niederschlag enthält die festen Fettsäuren, in Lösung bleibt das ölsaure Blei, von welchem er durch einmaliges Waschen mit Äther befreit wird. Der Niederschlag wird getrocknet, mit 200 ccm 5proz. Salzsäure unter Kochen zersetzt, die ausgeschiedenen Fettsäuren mehrmals mit heißem Wasser gewaschen und in Äther gelöst. Aus der filtrierten Ätherlösung dunstet man den Äther ab und löst den Rückstand in 100 ccm Alkohol 90 Vol.-Proz. Bei Gegenwart von Arachisöl scheidet sich beim Abkühlen auf 15^0 die Arachinsäure aus; reines Olivenöl bleibt klar. Das Gewicht dieses getrockneten Niederschlags $\times 21$ gibt annähernd den Gehalt an Arachisöl an.

Kontrolle der Reinheit durch Schmelzpunktbestimmung.

Mineralöl. Zum Nachweis der Mineralöle werden 10 g Öl mit alkoholischer Kalilauge verseift, die mit Sand eingetrocknete Seife mit Petroläther extrahiert, der Rückstand der Petrolätherlösung gleich Unverseifbares. Reine Olivenöle enthalten 0,5—1,5 unverseifbare Bestandteile (74—75^0).

Ranzigkeit. Bestimmung der Azidität des im Wasserdampfstrom aus 50 g Substanz erhaltenen Destillats (600 ccm). Normale Öle bedürfen etwa 0,2 bis 0,3 ccm $\frac{n}{10}$-Lauge.

Beurteilung. Das spezifische Gewicht liegt zwischen 0,913 und 0,919 (gebleichte Öle 0,913—0,925). Ein höheres Gewicht deutet entweder auf gebleichtes Öl oder Baumwollsamenöl, Sesamöl, Mohnöl. Dasselbe gilt von

	Olivenöl	Sesamöl	Rüböl	Mohnöl	Erdnußöl	Baumwollsamenöl	Kokosöl	Palmkernöl
Spez. Gewicht bei 15°	0,914—0,920	0,921—0,924	0,911—0,918	0,924—0,937	0,911—0,926	0,920—0,930	0,925—0,926	0,952—0,955
Schmelzpunkt des Fettes	—	—	—	—	—	—	20—28	27—43
Schmelzpunkt der Fettsäuren	19—33	21—32	16—22	20—21	27—36	34—43	24—27	21—29
Erstarrungspunkt des Fettes	—6	—4 bis —6	—2 bis —10	—17 bis —19	—7 bis +3	—1 bis +4	24—23	10—24
Erstarrungspunkt der Fettsäuren	17—25	18—29	12—19	16,0—17,0	22—32	31—40	16—23	20—26
Refraktion nach Zeiß-Wollny bei 25°	62,0—62,8	66,2—69,0	68,0	72,0—74,5	65,8—67,5	67,6—69,4	33,5—35,5*	36,5 *
Hehnersche Zahl	95,5—96,2	95,86	95,1	95,38	95,86	95,5—96,3	—	—
Verseifungszahl mg KOH für 1 g Fett	185—196	187—195	168—179	190—198	186—197	191—196	246—268	241—255
Hüblsche Jodzahl d. Fettes	72—94	103—115	94—106	131—158	97—103	102—117	8—10	10—18
Hüblsche Jodzahl der flüssigen Fettsäuren	93—104	129—140	121—126	150	105—129	142—152	32—54	—
Reichert-Meißl-Zahl	0,3—1,5	0,1—1,2	0,0—0,9	0,0—0,6	0,0—1,6	0,5—1,0	6,0—8,5	3,5—6,8

*) Bei 40°.

einer höheren Refraktometerzahl als 62—63 und einer höheren Jodzahl als 79—88. (Ausnahmsweise sind bei reinem Olivenöl Jodzahlen bis 94 beobachtet worden.) Über Nachweis von Sesamöl, Baumwollsamenöl siehe amtliche Anweisung Schweineschmalz, ebenso Anweisung zur chemischen Untersuchung von Baumöl. Anleitung für die Zollabfertigung, Anlage zu dem Teil III, 20, Z. U. N. 1906, Bd. 11, S. 633.

Mohnöl. Oleum papaveris.

Aus dem Samen des Mohns, papaver somniferum. Enthält vorwiegend das Glyzerid der Linolsäure; es ist farblos (erste Pressung) oder rot gefärbt (zweite Pressung).

Verfälschungen. Meist Sesamöl; nachweisbar durch niedere Jodzahl und Boudouinsche Reaktion. Prüfung nach Soltsien.

Erdnußöl. Arachisöl.

Aus Arachis hypogaea. Als Speiseöl dient die erste kalte Pressung; zweite und dritte Pressungen dienen zu technischen Zwecken. Durch den Gehalt an Arachinsäure (4—5 Proz.) unterscheidet es sich von allen anderen Ölen (siehe Olivenöl). Zusätze anderer Öle sind durch die Bestimmung des spezifischen Gewichts und der Jodzahl (Mohnöl), der Verseifungszahl (Rüböl) durch die Boudouinsche Probe (Sesamöl) und die Reaktion von Halphen (Kottonöl) nachzuweisen.

Rüböl (Rapsöl oder Kolzaöl)

wird aus den Samen verschiedener Kruziferen gewonnen.

Als Verfälschungen werden angegeben: Leinöl und Mohnöl (erhöhte Jodzahl), Baumwollsamenöl, Trane, Harzöl (Rechtsdrehung), und Paraffinöl (unverseifbar).

Sesamöl.

Aus den Samen von Sesamum orientale und indicum.

Das kalt gepreßte Öl ist hellfarbig, mild schmeckend, das warm gepreßte kratzend und dunkelfarbig. Der unverseifbare Anteil, etwa 1 Proz., enthält Phytostearin, das optisch aktive (+) Sesanin und den die Boudouinsche Reaktion gegebenen Körper. Verfälschung. Arachisöl.

Baumwollsamenöl, Kottonöl.

Aus den Samen der Baumwollstaude. Das Rohöl ist rot bis schwarz, das raffinierte strohgelb; das gewöhnliche Öl (Sommeröl) scheidet bei —1° ein Stearin ab (Baumwollstearin). Das davon befreite Öl (Winteröl) wird zu Genußzwecken für sich benutzt, mehr aber noch zur Herstellung von Kunstspeisefett und zur Fälschung von Speiseölen und Speisefetten. Dasselbe gilt von Baumwollstearin. Nachweis durch Reaktion von Halphen. (Siehe amtliche Vorschrift, Untersuchung der Fette.) Andere angegebene Reaktionen sind unsicher.

Kokosöl. Kokosbutter.

Aus dem Fruchtkern (Kopra) der Kokospalme (Cocos nucifera). Das Rohfett ist seines Geruches und Geschmackes wegen zu Genußzwecken nicht geeignet, wohl aber das gereinigte Fett, welches unter den Namen Palmin, Laktine, Kokosnußbutter usw. entweder für sich oder durch Zusatz von Pflanzenölen streichfähig gemacht, in den Handel kommt. Auch zu

Fälschungszwecken findet es Verwendung. Reines Kokosfett unterliegt nicht den Beschränkungen des Margarinegesetzes. Zubereitungen jedoch, z. B. gelbgefärbtes, streichfähiges Fett ist, weil butterähnlich, als Margarine, weißes, streichfähiges Kokosfett, weil schmalzähnlich, als Kunstspeisefett zu bezeichnen. Ähnlich dem Kokosfett ist das Palmkernöl, das aus dem Samen der Ölpalme (Ellais guinensis) gewonnen wird und zur Fabrikation von Pflanzenbutter dient. Das aus dem Fruchtfleisch gewonnene Öl dieser Ölpalme findet zu Genußzwecken nur beschränkte Verwendung.

Gemüse.

Der Nährstoffgehalt ist meist ein geringer, der Wassergehalt fast durchgehends ein sehr hoher, die Stickstoffsubstanz besteht neben Eiweißkörpern reichlich aus Amiden. Den wesentlichen Bestandteil der Trockensubstanz bilden die Kohlenhydrate und zwar Stärke (Kartoffel, Bataten), Zucker, Saccharose (Rüben, Möhren), Inulin (Zichorie), Lävulin (Topinambur).

Über die Zusammensetzung der wichtigsten Vertreter dieser Gruppe geben die am Schlusse dieses Abschnittes angeführten Analysen, die dem Lehrbuch von König entnommen sind, Aufschluß.

Kartoffel. Wassergehalte von 80 Proz. und darüber kommen nur bei auf Moorboden, nicht aber auf gewöhnlichem Ackerboden gewachsenen Kartoffeln vor. Der Stärkemehlgehalt schwankt nach Spielart, Boden und Witterung etwa zwischen 16 und 26 Proz.; er ist in rauhschaligen und großen Knollen größer als in glattschaligen und kleinen, er ist größer in der äußeren als in der inneren Schicht. Dasselbe gilt für die Trockensubstanz, während umgekehrt der Proteingehalt größer ist in kleineren Knollen und in der äußeren Schicht. Die Stickstoffsubstanz besteht nach E. Schulze und Barbieri [1] im Mittel aus 20,3 Proz. unlöslichem und 4,2 Proz. löslichem Protein, 20,7 Proz. Asparagin, 16,3 Proz. Amidosäuren, unter denen Glutaminsäure nachgewiesen ist.

Die stickstofffreien Anteile bestehen aus Zucker 0,9 Proz., Dextrin und Gummi 0,3—1,6 Proz., Stärke 16—20 Proz. und etwa 3 Proz. nicht näher bestimmten Stoffen.

Bataten haben eine der Kartoffel sehr ähnliche Zusammensetzung; ihr Stärkemehlgehalt beträgt etwa 17 Proz., die Stickstoffsubstanz besteht aus annähernd $^{2}/_{3}$ Protein, $^{1}/_{3}$ Amidoverbindungen (das brasilianische Arrowroot ist Batatenstärke).

Rüben. Weiße und rote Futterrübe (Beta alba, — rubra). Die Stickstoffsubstanz besteht nach E. Schulze und A. Urich [2] zu 17,7 Proz. löslichen und 7,3 Proz. unlöslichen Eiweißstoffen, 39 Proz. Amiden (Glutamin, kein Asparagin), 32,5 Proz. sind in Form von Salpetersäure, 3,4 Proz. in Form von Ammoniak vorhanden. Die Zuckerrübe enthält außerdem noch etwa 0,1—0,2 Proz. Betain.

Möhren. Der rote Farbstoff Karotin ist ein kristallinischer Kohlenwasserstoff $C_{26}H_{38}$ [3].

Zu den Wurzelgemüsen gehören ferner noch Topinambur (Helianthus tuberosum), die Zichorie (Cichorium Intibus), die Kohlrübe, weiße Rübe (Brassica napus, Br. rapa), Kohlrabi (Brassica oleracea), ferner Rettich, Radieschen, Schwarzwurzel, Sellerie, Karotten, Meerrettich, Zwiebel und Knoblauch.

Blattgemüse, Stengel, Früchte, Samen und Samenschalen. Zu den Blattgemüsen gehören die verschiedenen Kohlarten, Spinat und Salate.

Blumenkohl (Brassica oleracea var. botrytis), Winterkohl (var. percrispa), Rosenkohl (var. gemmifera), Rotkraut (var. rubra), Weißkraut (Sauerkraut = var. capitata alba), Spinat und Salat.

Schotengemüse. Erbsen, Bohnen.

Früchte. Kürbis, Melonen, Gurken, Tomaten.

Junge Triebe. Spargel.

Salate. Gartenlattich, Endivie. Rapunzel, Kopfsalat, Schnittsalat usw. Der beliebte erfrischende Geschmack der Salatkräuter ist durch ihren Gehalt an organischen Säuren und Salzen bedingt.

Außer den erwähnten Kräutern werden vorwiegend als Gewürze verwendet die Blätter von Borretsch (Borago officinalis), Petersilie (Petroselinum sativum), Dill (Anethum graveolens), Beifuß (Estragon, Artemisia dracunculus).

Pilze, Schwämme. Neben etwa 90 Proz. Wasser durch hohen Stickstoffgehalt ausgezeichnet erscheinen die Pilze und Schwämme als ein hervorragendes Nahrungsmittel, wenn nicht ihre geringe Verdaulichkeit und teilweise Giftigkeit ihre Bedeutung als Nahrungsmittel ganz wesentlich beeinträchtigen würde. Ihre Zusammensetzung ist eine sehr schwankende. Stickstoff und Rohfasergehalt bewegen sich selbst für dieselbe Art innerhalb weiter Grenzen.

Von dem Gesamtstickstoff sind etwa 16—37 Proz. als Nichtprotein (6—14 Proz. Amidosäure, 11—17 Proz. Säureamide und 0,1—1,2 Proz. Ammoniak) vorhanden und von den 70 Proz. Gesamtprotein etwa nur die Hälfte verdaulich. Der Lezithingehalt beträgt 0,08 bis 1,6 Proz. der Trockensubstanz.

Die stickstofffreien Extraktstoffe, die bei den verschiedenen Arten zwischen 20—60 Proz. der Trockensubstanz betragen, enthalten Neutralfett und etwa in der gleichen Menge freie Fettsäure.

Von Kohlehydraten sind zu nennen Mannit und Trehalose; Stärke fehlt vollkommen.

Die einzelnen Mineralbestandteile in der Asche der Schwämme scheinen nach den vorliegenden Analysen innerhalb weiter Grenzen zu liegen. Die Untersuchung und Beurteilung der Pilze verlangt eine genaue botanische Kenntnis, für den Marktverkehr sind nur die ganz sicher als unschädlich erkannten Arten zuzulassen, alle anderen aber unbedingt auszuschließen. Da die Pilze und Schwämme leicht in Fäulnis übergehen, so darf nur frische unverletzte Ware feilgehalten werden [4]. Von Fälschungen sind zu erwähnen die Zusätze von in Scheiben geschnittenem Kartoffelbovist zu getrockneten und geschnittenen Trüffeln. (Kartoffelbovist unterscheidet sich von den Trüffeln durch weißen Rand und blauschwarzes, nicht marmoriertes Fleisch und der charakteristischen Form der Sporen). Nach Vrehse [5] sollen auch künstlich gefärbte Trüffelkonserven beobachtet worden sein.

Flechten-Algen. Ihre Verwendung als Nahrungsmittel beruht auf dem Gehalt an pflanzenschleimähnlichen Substanzen (Saccharo-Kolloide. Gummi usw.), die die Eigenschaft haben, im Wasser aufzuquellen oder mit kochendem Wasser eine Gallerte zu bilden.

Von Flechten sind zu nennen das isländische Moos (Cetraria islandica).

Die Trockensubstanz enthält etwa 0,5 Proz. Stickstoff, dafür aber 70 Proz. Moosstärke (Lichenin $n \cdot C_6H_{10}O_5$), ferner das irländische Moos oder Karagheenmoos (Alge, Chondrus crispus), ferner verschiedene Meeresalgen in England unter dem Sammelnamen Meerlattich bekannt, wie auch Agar-Agar (Ceylon-Moos)

und endlich noch die vorwiegend aus Tangen bestehenden eßbaren indischen und chinesischen Vogelnester. Der hohe Stickstoffgehalt dieser Vogelnester (55 Proz. Protein) dürfte dem Speichel der Salangaschwalbe entstammen.

	Analysen	Wasser	N-Substanz	Fett	Zucker	Sonstige N-freie Substanz	Holzfaser	Asche	Phosphorsäure P_2O_5	Schwefel in organischer Bindung
Kartoffel, Max.	239	84,90	3,67	0,96	—	22,57	1,57	1,87	—	—
„ Min.	„	68,03	0,69	0,04	—	19,45	0,28	0,53	—	—
„ Mittel	„	74,93	1,99	0,15	—	20,86	0,98	1,09	—	—
Bataten . . .	45	71,66	1,57	0,5	—	24,11	0,97	1,19	—	—
Zuckerrübe .	76	81,34	1,24	0,10	13,25 Rohrz.	1,92	1,16	0,99	—	—
Möhre . . .	64	86,77	1,18	0,29	2,11 Rohrz. 4,03 Glykose	2,92	1,67	1,03	—	—
Kohlrübe Weiße Rübe	52	90,67	1,12	0,24	2,55	3,55	1.11	0,76		
Knoblauch .	1	64,65	6,76	0,06	Sp.	26,31	0,77	1,44	0,45	0,166
Schnittlauch .	2	82,0	3,92	0,88	—	9,08	2,46	1,66	0,258	—
Zwiebelknollen	3	86,51	1,60	0,15	2,70	7,86	0,71	0,65	0,112	0,032
Rettich . . .	3	86,92	1,92	0,11	1,53	6,90	1,55	1,07	0,132	0,072
Radieschen .	3	93,34	1,23	8,15	0,88	2,91	0,75	0,74	0,073	0,017
Meerrettich .	2	76,72	2,73	0,35	Sp.	15,89	2,78	1,53	0,199	0,078
Sellerie . . .	1	84,09	1,48	0,39	0,77	11,03	1,40	0,84	0,74	0,21
Schwarzwurzel	1	80,39	1,04	0,50	2,19	12,61	2,27	0,99	0,12	0,04

	Analysen	Wasser	N-Substanz	Fett	Zucker	Sonstige N-freie Stoffe	Holzfaser	Asche	Phosphorsäure P_2O_5	Organ. gebund. Schwefel
Blumenkohl .	5	90,89	8,98	0,34	1,21	3,34	0,91	0,83	0,150	0,089
Butterkohl . .	1	86,96	3,01	0,54	1,47	5,72	1,20	1,10	0,152	0,070
Winterkohl .	2	80,03	3.99	0,90	1,21	10,42	1,88	1,57	0,263	0,102
Rosenkohl . .	2	85,63	4,83	0,46	—	6,22	1,57	1,29	0,282	0,138
Rotkraut . .	1	90,06	1,83	0,19	1,74	4,12	1.29	0,77	0,112	0,062
Weißkraut . .	8	90,11	1,83	0,18	1,92	3,13	1,65	1,18	0,125	0,038
Spinat . . .	3	89,24	3,71	0,50	0,10	3,50	0,94	2,00	—	—
Spargel . . .	—	93,75	1,79	0,25	0,37	2,26	1,04	0,54	—	0,041
Gartenerbse, grün (unreif) .	5	77,67	6,59	0,52	12,43		1,94	0,85	0,331	0,054
Grüne Buffbohne (unreif)	3	84,07	5,43	0,33	7,53		2,08	0,74	0,178	0,020
Schnittbohne (unreife Hülse)	7	88,75	2,72	0,14	1,16	5,44	1,18	0,61	0,146	0,039

		Wasser	N-Substanz	Fett	Zucker	Sonstige N-freie Stoffe	Holzfaser	Asche	Phosphorsäure P_2P_5	Organisch gebund. Schwefel
Kürbis (Fruchtfleisch)	8	90,32	1,10	0,13	1,34	5.16	1,22	0,73	0,097	0,021
Melone (Fruchtfleisch)	5	95,36	1,09	0,11	1,12	1,09	0,78	0,45	0,094	0,005
Gurke . . .	6	91,50	0,84	0,13	3,45	2,90	0,66	0,22	0,113	0.009
Paradiesapfel .	4	93,42	0,95	0,19	3,51	0,48	0,84	0,61	0,081	0,018
Endiviensalat .	2	94,13	1,76	0,13	0,76	1,82	0,62	0,78	0,078	0,053
Kopfsalat . .	5	94,33	1,41	0,31	0,10	2,09	0,73	1,03	0,093	0,012
Feldsalat . .	1	93,41	2,09	0,41	—	2,73	0,57	0,79	0,128	0,036

Im Mittel:	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl
Kartoffel	60,06	2,96	2,64	4,93	1,10	16,86	6,52	2,04	3,46
Batate	50,31	6,53	9,93	3,40	0,91	10,6	5,56	3,45	12,74
Zuckerrübe	53,13	8,92	6,08	7,86	1,14	12,18	4,20	2,98	4,81
Möhre	36,99	21,17	11,34	4,38	1,01	12,79	6,45	2,38	4,59
Kohlrübe (Weiße Rübe)	45,4	9,84	10,60	3,69	0,81	12,71	11,19	1,87	5,07
Schnittlauch	33,29	4,19	20,69	5,34	1,47	14,93	12,28	3,46	4,38
Zwiebel	25,05	3,18	21,97	5,29	4,53	15,03	5,46	16,72	2,77
Rettich	21,98	3,75	8,78	3,53	1,16	41,12	7,71	8,17	4,90
Radieschen	32,00	21,14	14,94	2,60	2,34	10,86	6,46	0,91	9,14
Meerrettich	30,76	3,96	8,23	2,91	1,94	7,75	30,79	12,72	0,94
Sellerie	43,19	—	13,11	5,82	1,41	12,83	5,58	13,85	15,87

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl
Blumenkohl	26,37	10,24	18,68	2,30	0,36	13,08	11,41	12,84	6,09
Weißkraut (Herzblätter)	37,82	14,42	9,36	3,52	0,15	12,30	15,46	—	6,97
Spinat	16,56	35,29	11,87	6,38	3,35	10,25	6,87	4,52	6,29
Spargel	24,04	17,08	10,85	4,32	3,38	18,57	6,18	10,09	5,93
Kürbis	19,48	2,13	7,74	3,37	2,60	32,95	2,37	7,34	0,43
Gurke	51,71	4,19	6,97	4,50	0,75	13,10	5,70	4,25	9,16
Kopfsalat	37,63	7,54	14,68	6,19	5,31	9,19	3,76	8,14	7,65

Literatur:

1) Landw. Vers.-Stat. 1878, **21**, 63.
2) Landw. Vers.-Stat. 1882, **27**, 357.
3) Landw. Vers.-Stat. 1875, **18**, 296.
4) A. Arnaud, C. r. 1887, **104**, 1293.
5) Giesenhagen, Z. U. N. 1902, **5**, 513.
6) Giesenhagen, Z. U. N. 1903, **6**, 942.
7) Z. U. N. 1907, **13**, 711.

Obst- und Beerenfrüchte.

Gleichzeitig Nahrungs- und Genußmittel durch ihren Gehalt an Zucker. Säuren und Aromastoffe. Von Zuckerarten sind hauptsächlich vertreten: Saccharose, Glykose, Lävulose. Die Säuren bestehen, wenn von den Trauben abgesehen wird, hauptsächlich aus Äpfelsäure (Apfel, Birne, Kirsche, Pflaume usw.), und Zitronensäure (Johannisbeeren, Stachelbeeren, Orangen und Zitronen). Eiweißstoffe (Pflanzeneiweiß) sind nur in geringer Menge vorhanden. Wichtig sind die pflanzenschleimähnlichen Pektinstoffe, deren Umwandlungsprodukte in Beziehung zu den Pentosen stehen und in Wasser teils löslich, teils unlöslich aufquellen und in der Kälte gelatinieren.

Man unterscheidet:

1. Steinobst (Kirsche, Pflaume, Zwetsche, Aprikose, Pfirsiche).
2. Kernobst (Apfel, Birne, Quitte, Mispel).
3. Beerenobst (Weinbeere, Stachelbeere, Himbeere, Johannisbeere, Preiselbeere usw.).
4. Schalenobst (Haselnuß, Walnuß, Kastanie).

Das Nachreifen (Süßwerden) des Obstes und der Beerenfrüchte kann teilweise durch eine Vermehrung des Zuckers, durch Umbildung aus Stärke veranlaßt sein. Der Hauptsache nach aber ist es dadurch bedingt, daß Säuren und Rohfaser in weitaus größerem Verhältnis abnehmen als der Zucker. Auch findet eine Umwandlung der Dextrose in die süßere Lävulose statt.

	Analysen	Wasser	N-Substanz	Rohfett	Sonstige N-freie Extraktstoffe	Rohfaser	Asche
Haselnußkerne	2	7,11 (3,77 bis 10,45)	17,41 (15,62 bis 19,00)	62,60 (58,82 bis 66,47)	7,22	3,17	2,49 (1,83 bis 3,10)
Walnußkerne	4	7,18 (4,32 bis 10,85)	15,77 (14,10 bis 17,19)	57,43 (48,65 bis 63,77)	13,08 (4,16 bis 16,10)	4,59 (1,70 bis 9,59)	2,00 (1,60 bis 2,30)
Mandeln, süße	4	6,2 (3,76 bis 9,53)	23,49 (22,50 bis 25,12)	53,02 (51,42 bis 54,09)	7,48	6,51	3,12 (2,86 bis 3,70)
Mandeln, bittere	1	5,50	34,36 [*]	42,80	[**]	[**]	3,20
Erdnuß, geschält	9	6,95 (2,75 bis 15,61)	27,65 (23,66 bis 31,12)	45,80 (37,84 bis 51,51)	16,75	2,21 (1,18 bis 1,12)	2,64 (1,63 bis 3,30)
Eßkastanie, geschält	5	7,34 (4,91 bis 9,76)	10,76 (6,00 bis 14,59)	2,90 (2,33 bis 3,82)	73,04 (69,04 bis 78,15)	2,99 (2,40 bis 3,36)	2,97 (2,32 bis 3,42)

*) Mit 2,20 Proz. Amygdalin. **) 14,14 Proz. sonstige N-freie Extraktstoffe und Rohfaser.

	Wasser	Stickstoffsubstanz	Freie Säure, Äpfelsäure	Invertzucker	Rohrzucker	Sonstige N-freie Stoffe	Rohfaser und Kerne	Asche	In Wasser lösliche Stoffe
Äpfel	84,37	0,40	0,70	7,97	0,88	3,28	1,98	0,42	13,0
Birnen	83,83	0,36	0,20	7,11	1,50	3,37	2,82	0,31	11,5
Zwetschen	81,18	0,82	0,92	5,92	1,84	3,12	5,57	0,63	—
Pflaumen	78,60	1,01	0,77	8,78	—	4,04	5,81	0,49	9,8
Reineclauden	82,13	0,55	0,82	5,92	4,71	2,06	3,40	0,41	—
Mirabellen	80,68	0,79	0,56	4,97	4,48	2,88	4,98	0,56	—
Pfirsiche	81,96	0,93	0,72	3,66	4,45	1,17	6,53	0,58	—
Aprikosen	84,15	0,86	1,05	2,61	4,05	1,35	5,37	0,56	—
Kirschen	80,57	1,21	0,72	8,94	0,51	1,76	5,77	0,52	11,8
Erdbeeren a) deutsche	86,99	0,59	1,10	5,13	1,11	2,80	1,56	0,72	8,2
„ b) amerik.	89,72	0,99	1,37	4,78	0,58	0,42	1,54	0,62	—
Himbeeren	85,02	1,36	1,48	3,38	0,91	0,99	6,37	0,49	7,4
Heidelbeeren	80,85	0,78	1,37	5,29	—	0,71	10,29	0,71	9,63
Brombeeren	85,41	1,31	0,77	5,24	0,48	1,10	5,21	0,48	—
Maulbeeren	84,71	0,36	1,86	9,19	—	2,31	0,91	0,66	—
Stachelbeeren	85,61	0,47	1,37	7,10	0,85	0,64	3,52	0,44	—
Johannisbeeren	84,31	0,51	2,24	6,38	0,06	1,21	4,57	0,72	9,3
Preiselbeeren	89,59	0,12	2,34	1,53	—	6,27		0,15	—
Wacholderbeeren	78,50	0,90	2,79	7,07	—	6,67	3,43	0,64	9,61
Mispeln	74,66	0,50	—	10,57	—	6,13	7,51	0,63	—
Persimonen	66,12	0,83	—	13,54	1,03	15,97	1,78	0,86	—
Granatäpfel	79,29	1,17	0,77	11,01	0,65	3,79	2,79	0,53	—
Feigen	78,93	1,35	—	15,55	—	—	—	0,58	—
Apfelsinen (Orangen)	84,26	1,08	1,35	2,79	2,86	7,23		0,43	—
Zitronen (Limonen)	82,64	0,74	5,39	0,37	—	10,30		0,56	—

100 Reinasche:	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl
Äpfel, Fruchtfleisch	41,85	—	8,85	5,05	—	9,70	—	—	—
Birnen, „	58,60	—	6,50	5,60	—	11,80	—	—	—
Kirschen, „	50,10	—	7,00	5,20	—	12,85	—	—	—
Pflaumen, Fleisch	69,36	2,30	4,05	4,86	1,02	12,95	2,46	2,73	0,34
Erdbeeren, ganze Frucht	49,24	4,71	12,30	6,40	2,89	13,06	3,15	6,05	1,69
Stachelbeeren „ „	45,48	6,92	12,53	4,72	2,56	14,82	5,89	2,58	0,75
Heidelbeeren „ „	57,11	5,16	7,96	6,11	1,12	17,38	3,11	0,89	—

Hotter fand in der Asche verschiedener Obstsorten 0,06—0,6 Borsäure; auch in Orangen, Apfelsinen, Zitronen und Stachelbeeren wurde Borsäure nachgewiesen. In Erdbeeren, Himbeeren wurde wiederholt Salizylsäure gefunden. Preiselbeeren enthalten bis zu 0,5 Proz. Benzoesäure. Von den Samenfrüchten, Schalenobst, ist zu bemerken, daß Mandeln und Nüsse keine Stärke, wohl aber etwas Zucker und Dextrin, reichlich Stickstoffsubstanzen und Fett enthalten. In den bitteren Mandeln findet sich das Amygdalin, welches durch das gleichzeitig vorhandene Enzym „Emulsin" in Dextrose, Blausäure und Benzaldehyd (Bittermandelöl) gespalten wird. Die Trockensubstanz der Kastanien besteht über die Hälfte aus Stärke, die der Erdnuß enthält 13 Proz. Stärke und 5 Proz. Zucker.

Verfälschung. Von Verfälschungen wurden beobachtet: das Rotfärben des Fruchtfleisches der Orangen, um die beliebten Blutorangen nachzuahmen [1], sowie Unterschiebung von Pfirsichkernen an Stelle von Mandelkernen.

Gemüse- und Obstkonserven.

Man unterscheidet je nach der Herstellung:

1. durch Trocknen. Dörrgemüse und Dörrobst. Das geschnittene Gemüse wird in kochendes Wasser eingetaucht und hierauf getrocknet. Obst wird in Scheiben geschnitten, meist auf Hürden in künstlicher Wärme getrocknet. Da das Obst sich hierbei bräunt, so erfolgt an manchen Orten ein Bleichen mittels schwefliger Säure oder Zinkoxyd.

2. Durch Sterilisieren. Nach den verschiedenen Vorschriften wird durch Erhitzen für sich oder mit Wasser und nachheriger Aufbewahrung unter Luftabschluß in Dosen, Büchsen, Gläsern usw. die Konservierung bewirkt. Bei dem bekannten „Weck"-Apparat werden kochfeste Gläser verwendet, der Luftabschluß erfolgt durch Auflegen eines Gummiringes und Glasdeckels, der durch den Luftdruck festgehalten wird.

3. Durch Zugabe chemisch wirkender Stoffe: Salz, Essig, Zucker, Alkohol, Senf usw.

Gemüse werden meist in Salz und Essig eingelegt, Obst in Zucker und Alkohol. Die Konzentration, in der diese Mittel angewendet werden, ist so zu wählen, daß hierdurch die die Fäulnis veranlassenden Keime entweder getötet oder in ihrer Lebenstätigkeit gehemmt werden.

4. Durch Luftabschluß. Einlegen in Öl, Überziehen mit Paraffin usw.

Die Verwendung von Konservierungsmitteln, wie: Salizylsäure, Benzoesäure usw. ist unstatthaft. Da die Gemüse (Erbsen, Bohnen, Gurken) wie auch das Obst durch die Konservierungsarbeit ihre ursprüngliche Farbe meist verlieren, so wird in vielen Fällen durch künstliche Mittel nachgefärbt. Bohnen, Erbsen, Gurken werden durch Zugabe von Kupfersalzen grün gefärbt [2]. Äpfelschnitte und Spargel werden mittels schwefliger Säure gebleicht, Birnen und Erdbeeren mit Teerfarben aufgefärbt.

Untersuchung.

1. Prüfung auf normale Beschaffenheit, Geruch, Geschmack, auf Verdorbensein, durch Schimmelbildung, Gärung usf.

2. Auf metallische Verunreinigungen oder Zusätze (Kupfer, Nickel, Zink, Blei und Zinn).

Bestimmung des Kupfers in gegrünten Erbsen, Bohnen, Spinat. 100 g

der abgetropften Erbsen oder ein dieser Menge entsprechendes Gewicht der anderen Gemüse sind in Arbeit zu nehmen. Die Substanz wird zunächst getrocknet und verascht, die Asche in Salpetersäure gelöst, die Kieselsäure abgeschieden, das Filtrat mit 15 ccm starker Salpetersäure, 1 ccm Schwefelsäure angesäuert und das Kupfer elektrolytisch bestimmt. Da der Kupfergehalt im Kilo höchstens 100 mg beträgt und auch auf das Kilo gerechnet wird, anderseits der im Verordnungswege tolerierte Kupfergehalt in mg pro Kilo festgesetzt ist, so sind, um die unvermeidlichen Fehler nicht zu sehr zu multiplizieren, mindestens 100 g in Arbeit zu nehmen. Die elektrolytische Bestimmung ist zweifellos die beste.

Der Nachweis von Zink, Blei, Zinn erfolgt nach den üblichen Methoden. Bemerkt sei nur, daß die Zinkbestimmung in Äpfelschnitten entweder durch Zerstörung der Substanz mit konzentrierter Schwefelsäure nach Kjeldahl [3] oder aber durch vorsichtige Verkohlung, wobei Zinkverluste nicht stattfinden, vorbereitet werden kann.

Was die Zerstörung nach Kjeldahl anbelangt, so muß dringend auf den Zinkgehalt mancher widerstandsfähiger Glassorten aufmerksam gemacht werden, der zu den gröbsten Fehlern Veranlassung geben kann.

3. Konservierungsmittel. Der Nachweis von Konservierungsmitteln und künstlichen Farbstoffen erfolgt in sinngemäßer Abänderung der bereits bei Milch, Fett und Fleisch angegebenen Untersuchungsverfahren.

4. Zucker. Den in Zucker eingemachten Früchten wird bei der Ausfuhr eine Vergütung der Zuckersteuer gewährt. Die Feststellung des Zuckergehaltes erfolgt nach der „amtlichen Anweisung zur Ermittelung des Rohrzuckergehaltes in Früchten, die unter Verwendung von Stärkezucker verzuckert oder in Zuckerlösungen eingemacht sind“ [4].

5. Nachweis von Versüßungsmitteln. Künstliche Süßstoffe, Stärkesirup. (Siehe Seite 281, 294.)

6. Botanische, mikroskopische Prüfung.

Beurteilung.

1. Die Frucht- und Gemüsedauerwaren, ausgenommen selbstredend die in Essig mit oder ohne Gewürz eingelegten Früchte und Gemüse, die getrockneten Gemüse und Früchte und die Sauergemüse, sollen einen frischen Geruch besitzen. Dauerwaren, in welchen bereits Fäulnisvorgänge eingetreten sind, auch verschimmelte oder durch Insekten angefressene Trockenfrüchte sind als verdorben zu beanstanden.

2. Die Färbung mit Teerfarbstoffen und mit an sich nicht unschädlichen Färbungsmitteln ist zu beanstanden und die mit unschädlichen Farbstoffen nur dann erlaubt, wenn dadurch der Dauerware keine bessere Farbe bzw. der Anschein besserer Beschaffenheit erteilt wird, als sie nach ihrer natürlichen Beschaffenheit besessen hat bzw. beanspruchen kann.

3. Metalle (wie Kupfer, Zink, Blei, Zinn) oder deren Verbindungen dürfen in einer Dauerware nicht vorkommen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß geringe Mengen Kupfer und auch Spuren von Zink unter normalen Verhältnissen — herrührend aus dem Boden — in allen Pflanzen und auch in Gemüsen und Früchten vorkommen können. Der künstliche Zusatz von löslichen Salzen oder Verbindungen dieser Metalle ist nach dem Farbengesetz vom 5. Juli 1887 nicht erlaubt. Da aber so geringe Kupfermengen für den menschlichen Organismus nicht schädlich sind, anderseits

das Interesse der Konservenfabriken die Verwendung von Kupfer verlangt, so wurde bereits im Jahre 1896 durch Erlässe einzelner Bundesstaaten ein geringer Kupfergehalt von 25 mg im Kilo zugelassen [5].

Das österreichische Ministerium gestattet 55 mg. Das großherzoglich badische Ministerium hat die zulässige Grenze vorläufig auf 50 mg erhöht, eine endgültige Feststellung ist jedoch nicht getroffen.

4. Der Zusatz von Konservierungsmitteln mit Ausnahme von Kochsalz, Zucker und Essig ist zu beanstanden, wenigstens soll die Anwendung anderer Konservierungsmittel nur gegen Deklaration gestattet sein. Bei Dörrobst ist in einzelnen Bundesstaaten 0,125 g schweflige Säure zugelassen.

5. Die Verwendung von Saccharin oder sonstigen künstlichen Süßstoffen zur gewerbsmäßigen Herstellung von Dauerwaren ist nach dem Gesetz vom 6. Juli 1898, betreffend den Verkehr mit künstlichen Süßstoffen, verboten.

6. Die Verwendung von Stärkezucker und -sirup soll deklariert werden.

Fruchtsäfte, Fruchtsirup, Gelee, Marmeladen.

a) Fruchtsaft, Rohsaft (Succus) ist der unveränderte aus den Früchten ohne Zusatz gewonnene Fruchtsaft; Rohsaft darum genannt, weil aus ihm durch Zusatz von Zucker und Alkohol, durch Einkochen und durch Gärung die Fruchtsäfte und Gelees des Handels hergestellt werden.

Man unterscheidet Erzeugnisse, die aus reinem Saft, nur durch Eindicken bereitet werden. Äpfelkraut, Birnenkraut, Obstkraut (Mischung beider), Möhren- und Zuckerrübenkraut. Billigere Produkte erhalten wohl auch Zuckerzusatz. Ihrer geleeartigen Konsistenz wegen, die durch Pektinstoffe veranlaßt ist, werden sie auch Gelee genannt.

b) Rohsäfte mit Zuckerzusatz zu Sirupkonsistenz eingedickt heißen Fruchtsirupe.

c) Aus Saft und Fruchtfleisch (ganze Frucht), durch Einkochen mit und ohne Zucker hergestellte Fabrikate in breiartiger Beschaffenheit werden als Mus, Marmelade, Jams bezeichnet. Durch weiteres Eindicken, bis die Masse in der Kälte festbleibt, werden die Pasten hergestellt. Die reinen Fruchtsäfte werden durch Auspressen der Fruchtsäfte gewonnen. Manchmal auch durch Zentrifugieren des Fruchtbreies, wodurch das Zerquetschen der Kerne durch zu starkes Pressen und damit eine Geschmacksbeeinträchtigung durch die Kernbitterstoffe vermieden wird.

Nachpresse nennt man das durch Auspressen der mit Wasser angerührten Trester erhaltene Produkt. Unter den vielen hergestellten Fruchtsäften sind Himbeer- und Zitronensirup von hervorragender Bedeutung. Über die Zusammensetzung gibt die König [6] entnommene Tabelle Aufschluß.

Untersuchung der Fruchtsäfte usw.

1. Spezifisches Gewicht, Alkohol wie bei Wein.

2. Trockensubstanz. Die indirekte Bestimmung aus dem spezifischen Gewichte des entgeisteten Saftes ist unsicher, da bei dem Erhitzen der Flüssigkeit eine Inversion des Rohrzuckers eintritt und dadurch eine Verminderung des spezifischen Gewichtes, so, daß nach der Rohrzuckertabelle der Extraktgehalt zu gering befunden wird [7]. Es ist daher das spezifische Gewicht des entgeisteten Saftes (e) aus dem spezifischen Gewicht des

Saftes (w) und dem spezifischen Gewichte des alkoholischen Destillates (a) nach der Formel e = 1 + w — a zu berechnen und den diesen Wert entsprechenden Extraktgehalt aus der Rohrzuckertafel zu entnehmen.

Der Extraktgehalt zuckerfreier Zitronensäfte besteht fast nur aus Zitronensäure ($C_6H_8O_7$), deren spezifisches Gewicht größer ist, als das des Rohrzuckers. Farnsteiner [8] hat daher für diese Säfte eine besondere Extrakttabelle aufgestellt, die in abgekürzter Form hier mitgeteilt wird. (Zwischenwerte können ausgerechnet werden.)

1,020	4,762	1,040	9,582
1,025	5,961	1,045	10,797
1,030	7,165	1,050	12,015
1,035	8,372	1,055	13,237

Die Bestimmung des Extraktes und Extraktrestes zuckerhaltiger Zitronensäfte kann gleichfalls nicht direkt aus dem spezifischen Gewicht abgeleitet werden. Farnsteiner [9] berechnet ihn durch Addition der einzelnen Bestandteile, Zucker, Asche, Zitronensäure, frei und gebunden und Glyzerin. Dieses Verfahren ist auch für andere Fruchtsäfte zu empfehlen.

3. Mineralstoffe und Alkalität derselben. Das Veraschen muß unter möglichstem Ausschluß der meist schwefelsäurehaltigen Verbrennungsprodukte des Leuchtgases vorgenommen werden. (Benzin, Spiritus.) Die Schale wird auf eine große durchlochte Asbestplatte eingesetzt, so, daß die Verbrennungsgase nicht direkt zu dem Schaleninhalt gelangen können. Die verkohlte Masse wird mit Wasser ausgezogen, die Kohle für sich verbrannt und mit der wässerigen Lösung vereinigt usw.

Zur Bestimmung der Alkalität der Gesamtasche wird die gewogene Asche mit einer abgemessenen Menge Normalsäure und etwas Wasser versetzt, zur Vertreibung der Kohlensäure aufgekocht und mit Normallauge zurücktitriert. Die Alkalität wird angegeben in ccm Normallauge für die Asche von 100 g Substanz.

4. Polarisation. 10 g Sirup oder Gelee werden in 80 ccm Wasser gelöst oder mit 80 ccm angerührt, mit Bleiessig versetzt und auf 100 aufgefüllt, das Filtrat mit Natriumphosphat entbleit, filtriert und polarisiert. Die durch den Zusatz des Phosphates bewirkte Verdünnung ($^1/_{10}$) muß bei der Berechnung berücksichtigt werden.

Polarisation nach Inversion. Von dem zur direkten Polarisation verwendeten Filtrat werden 50 ccm mit 3 ccm Salzsäure (1,19) versetzt, 5 Minuten auf 70° erwärmt, nach dem Abkühlen mit Soda neutralisiert, auf 100 aufgefüllt und polarisiert. Bei Gegenwart von Stärkesirup zeigt die Lösung nach Inversion Rechtsdrehung oder schwache Linksdrehung.

5. Zucker. Nach ihrer Herstellung enthalten die Fruchtsäfte Invertzucker, Rohrzucker, manchmal Stärkezucker (Dextrose, Dextrin, Maltose). 10 g Substanz werden in Wasser gelöst, wenn nötig entfärbt, entbleit und schließlich auf 1000 ccm gebracht:

a) Bestimmung des Invertzuckers;
b) Bestimmung des Gesamtzuckers in der invertierten Lösung;
c) Differenz der beiden $\times$ mit 0,95 gleich Rohrzucker;
d) Dextrin. 75 ccm mit 7,5 ccm Salzsäure (1,125) werden 3 Stunden lang auf kochendem Wasserbad am Rückflußkühler erhitzt, nach dem

Erkalten neutralisiert und nach Allihn in 25 ccm der Zucker bestimmt. Die Differenz dieser Zuckerbestimmung und des nach „b“ erhaltenen Zuckers $\times 0{,}9 =$ Dextrin. Da durch das lang andauernde Erhitzen Fruktose zerstört wird, ist diese Bestimmung ungenau.

6. Stärkesirup. Die Bestimmung des Stärkesirups erfolgt am einfachsten und genauesten nach Juckenack und Pasternack [10]. Dieses Verfahren beruht auf der Annahme, daß Stärkesirup des Handels eine einigermaßen gleichbleibende Zusammensetzung und ein spezifisches Drehungsvermögen von $+134{,}1^0$, die invertierte Safttrockensubstanz ein solches von -18 bis -21 besitzt. Mathes und Müller [11] nehmen $+116$ und -20 an.

Im Gebrauche steht jedoch allgemein die von Juckenack auf Grund der oben angegebenen Zahlen berechnete Tabelle, aus welcher der dem gefundenen spezifischen Drehungsvermögen des Extraktes entsprechende Stärkesirupgehalt direkt entnommen werden kann.

Das Verfahren selbst ist folgendes: 10 ccm Saft werden mit 70 ccm Wasser verdünnt, mit etwas Kohle und 5 ccm Salzsäure (1,19) versetzt, 5 Minuten lang auf 70^0 erwärmt und nach dem Abkühlen auf 100 aufgefüllt, filtriert und im 100-mm-Rohr polarisiert. Die beobachtete Drehung ist auf spezifische Drehung (100 g Extrakt in 100 ccm im 100 mm Rohr) zu berechnen. Die diesem Wert entsprechende Menge Sirup kann aus der Tabelle entnommen oder auf folgende Weise berechnet werden: Bei Linksdrehung ist die Differenz von 21,5 und der spezifischen Drehung, bei Rechtsdrehung die Summe von 21,5 und der spezifischen Drehung mit 0,744 zu multiplizieren, um Sirup mit 18 Proz. Wasser, mit 0,643 um die Menge des wasserfreien Sirups zu erhalten.

Dieser den gefundenen spezifischen Drehungen entsprechende Gehalt an Sirup ist in 100 g Extrakt enthalten, daher auf den in Saft vorhandenen erst umzurechnen. Z. B. gefundene spezifische Drehung $+56{,}30$ entspricht 50 Proz. wasserfreien, oder 61 Proz. Sirup mit 18 Wasser. Ist der Extraktgehalt des Saftes 70 Proz., so sind in der Substanz $\frac{50}{100}\cdot 70$ oder $\frac{61}{100}\cdot 70$, also etwa 35 oder 42 Proz. Stärkesirup enthalten.

Dieses Verfahren ist unter den gemachten Voraussetzungen nicht nur als das einfachste, sondern auch genaueste zu bezeichnen.

7. Säuregehalt. Die Gesamtmenge der freien Säuren wird durch Titration der verdünnten Lösung mit $\frac{1}{10}$ Normallauge, Indikator Phenolphthalein. bestimmt und als Zitronensäure berechnet.

Zitronensäure-Ester. Die in Form von Ester gebundene Zitronensäure wird aus der Differenz der Gesamtsäure und des nach zweistündiger kalter Verseifung ermittelten Säuregehalts bestimmt und auf Äthylester $C_6H_5O_7(C_2H_5)_3$ berechnet.

8. Süßstoffe, Konservierungsmittel, Stickstoff, flüchtige Säuren, Weinsäure, Glyzerin, Farbstoff werden, wie bereits oben oder bei Wein angeführt ist, bestimmt.

Bezüglich des Glyzerins ist hervorzuheben, daß in zuckerreichen Säften die Kalkmethode weitaus zu niedere Resultate ergibt. Es ist daher die Jodidmethode von Zeisel und Fanto anzuwenden.

9. Fruchtäther. Die Gegenwart von künstlichem Fruchtäther ist

meistens durch den Geruch wahrzunehmen. Der chemische Nachweis wird durch Verseifung des die Ester enthaltenen Destillates und Prüfung auf Amylalkohol geführt.

10. Geliermittel (Gelatine und Agar-Agar). a) Größere Mengen von Gelatine erhöhen merklicherweise den Stickstoffgehalt. Nach Bömer wird die konzentrierte Lösung der Probe mit 10facher Menge absolutem Alkohol versetzt, der Niederschlag mit Alkohol ausgewaschen, getrocknet und gewogen und sodann dessen Stickstoffgehalt bestimmt. Der Stickstoffgehalt reiner Produkte schwankt zwischen 2 und 4½ Proz. b) Agar-Agar wird durch mikroskopische Untersuchung des Bodensatzes auf Diatomeen festgestellt. Die Lösung des Gelees wird zu diesem Zweck in 5 Proz. Schwefelsäure und Permanganat gekocht und absetzen lassen. Siehe auch Härtel und Sölling, Z. U. N. 1911, **21**, 136.

Analysen nach K. Farnsteiner [12].

Zitronensaft	Spez. Gewicht bei 15 Proz.		Extrakt (indirekt)	Zitronensäure (wasserfreie)	Zucker (Gesamt-)	Alkohol	Stickstoff	Mineralstoffe	Alkalität der Asche (ccm N-Säure)	Phosphorsäure	Extraktrest nach Abzug von	
	Natürlicher Saft	Entgeisteter Saft									Zucker u. Säure	allen Bestandteilen
Nicht vergoren	1,0268	1,0371	8,89	5,61	1,37	(6,56)*	0,075	0,484	5,8	0,0218	1,90	1,09
Vergoren . .	1,0205	1,0336	8,03	5,66	0,35	7,46	0,082	0,471	5,9	0,0275	2,02	1,58
Verfälschte Sorten . .	1,0133 bis 1,0653	1,0284 bis 1,0896	6,18 bis 22,40	4,43 bis 10,13	Spur bis 14,15	Spur bis 14,55	Spur bis 0,035	0,04 bis 0,59	0 bis 7,25	0 bis 0,046	0,32 bis 0,62	0,12 bis 0,62

*) Für die unvergorenen Proben künstlich zugesetzt.

	Spez. Gewicht	Extrakt Proz.	Invert-Zucker Proz.	Saccharose	Zuckerfreier Extrakt	Säure (Apfelsäure)	Asche	Alkalität der Asche	Spez. Drehung d. invert. Extrakts
Himbeersirup .	1,3227	66,26	22,39	42,25	1,82	0,598	0,251	2,49	—19,8
Erdbeersirup .	1,3075	62,82	23,55	37,72	1,60	0,315	0,215	1,95	—19,5
Johannisbeersirup	1,3274	65,57	30,16	31,45	—	1,055	0,289	2,27	—
Himbeersirup mit Wasser u. Nachpresse .	1,2812	58,36	—	—	—	—	0,132	1,23	—19,7
			Dextrose		Stickstoff			Nichtzucker	Drehg. d. Lösung 1:10
Obstkraut, 10 Proben . .	—	65,12	52,94	2,77	0,2	2,26	1,92	5,23*)	—4,4
Rübenkraut, 10 Proben . .	—	71,99	17,85	43,63	0,72	1,41	3,8	5,3	+5,3
Möhrenkraut .	—	68,81	40,30	16,24	0,61	2,36	5,8	7,6	+0,45

*) Extrakt weniger Zucker, Säure — Asche.

II. Marmeladen, Muse und James.

Das von Stielen, Schalen, Kämmen und Steinen befreite mit und ohne Zucker eingekochte Mark frischer Früchte. Gemischte Marmeladen werden

aus Fruchtmark verschiedener frischer Früchte hergestellt. Ihre Zusammensetzung ist durch den Zuckergehalt wesentlich beeinflußt.

Verfälschungen und Verunreinigungen: Konservierungsmittel, Fruchtäther, organische Säuren, Farbstoffe, Geliermittel, Stärkesirup, Fruchttrester und metallische Verunreinigungen.

Untersuchung.

1. Trockensubstanz und Wassergehalt. Durch Eintrocknen von 2—3 g Substanz mit ausgeglühtem Sand im luftverdünnten Raume oder indirekt durch Bestimmung des löslichen und unlöslichen Anteils nack Juckenack und H. Prause [13].

Die abgewogene Menge, etwa 25 g, wird mit 150 Wasser eine Stunde lang auf kochendem Wasserbad erwärmt, dann durch Watte, die vorher samt einer Schale gewogen war, filtriert und mit heißem Wasser ausgewaschen, getrocknet und gewogen. Das Filtrat wird auf 250 ccm gebracht, darin entweder indirekt durch das spezifische Gewicht oder direkt durch Eindampfen von 10—15 ccm der Extraktgehalt bestimmt.

2. Mineralstoffe, Alkalität, Phosphorsäure, Zucker, Sirup usw. wie bei Fruchtsäften.

3. Mikroskopische Untersuchung. Unter Umständen ist durch Feststellung etwa vorhandener Samen ein Rückschluß auf die zur Herstellung verwendeten Früchte ermöglicht.

Anhang.

Limonaden und alkoholfreie Getränke.

Limonaden sind Mischungen von Fruchtsäften mit Wasser und Zucker, Brauselimonaden solche mit kohlensaurem Wasser. Brauselimonaden aus Zitronen und Orangen erhalten einen Zusatz von natürlichem Schalenaroma. Künstliche Brauselimonaden enthalten an Stelle der natürlichen Fruchtsäfte organische Säuren, Farbstoffe und Aromastoffe. Alkoholfreie Getränke sind entweder Fruchtsäfte oder Auszüge aus frischem und getrocknetem Obst, Malz, Most, alkoholfreies Bier und Wein. Sie erhalten Zusätze von Gewürzen, Zucker, Kohlensäure und Essenzen. Die Untersuchung erfolgt wie bei Fruchtsäften. In Betracht kommen Mineralsäuren, organische Säuren, künstliche Süßstoffe und Fruchtäther, Farbstoffe, sowie endlich die Prüfung auf Saponin. Die Gegenwart dieser viel angewendeten Schaumerzeugungsmittel kann durch den beim Schütteln entstehenden steifen, unnatürlichen Schaum erkannt werden. Der chemische Nachweis geschieht nach Brunner [14]. Man schüttelt die Limonade mit so viel Phenolum liquefactum, daß 5 ccm Karbolsäure ungelöst bleiben; entzieht dem abgelassenen Phenol, dessen Abscheidung eventuell durch Zusatz von Ammoniumsulfat beschleunigt wird, die Saponine durch Schütteln mit Äther, dem das halbe Volumen Petroläther zugesetzt ist, schüttelt alsdann den Äther mit Wasser und verdampft die wässerige Lösung zur Trockne. Der nötigenfalls noch durch Behandlung mit Azeton gereinigte Rückstand wird durch die Rotfärbung mit konzentrierter Schwefelsäure oder die Reaktion von Schaer [15] (Überschichtung der in konzentriertem Chloralhydrat gelösten Substanz auf Schwefelsäure; Auftreten einer gelben Zone, dann purpurrot, zuletzt malvenviolett) näher charakterisiert. Auch die von Laves [16] gegebene Zusammenstellung kann zur völligen Identifizierung herangezogen werden.

Beurteilung.

Für die Beurteilung dieser Produkte sind etwa folgende Gesichtspunkte maßgebend:

1. Normale äußere Beschaffenheit, Abweichung hiervon, z. B. Schimmelbildung, Gärung.

2. Als Fälschung ist anzusehen: Zusatz von Wasser, Nachpresse, ebenso ein erheblicher Zusatz fremder Säfte.

3. Zusatz von Konservierungsmitteln. Zu bemerken ist, daß die freie Vereinigung deutscher Nahrungsmittelchemiker die Verwendung von Erhaltungsmitteln, deren Unschädlichkeit bei dauerndem Genuß feststeht, für zulässig erachtet, wenn der Zusatz nach Art und Menge gekennzeichnet ist. Der bedingte Zulassung einzelner Mittel befürwortende Antrag steht im Gegensatz zu dem unbedingten Verbot der Verwendung der Konservierungsmittel. (Erlaß des königl. preuß. Ministeriums für Schul- und Medizinalangelegenheiten betreffend Salizylsäure. 8. Februar 1908.)

4. Fruchtsäfte, die nicht aus frischen Früchten hergestellt sind, die künstliche Süßstoffe und metallische Verunreinigungen enthalten, sind zu beanstanden.

5. Zusatz von Stärkesirup zu Rohsäften ist verboten, zu Fruchtsirupen zu deklarieren. Die Deklaration „mit Stärkesirup" deckt bis zu 10 Proz.

6. Farbstoffzusatz ist zu deklarieren.

7. Bei reinen Sirupen ist ein geringer Weinsäurezusatz ohne Deklaration zulässig.

Diesen allgemeinen Grundzügen schließen sich für die beiden wichtigsten Fruchtsäfte noch folgende Normen an:

Himbeersirup mit 65—67 Proz. Extrakt (Zucker) entsprechend $^{1}/_{3}$ Fruchtsaft enthält nicht unter 0,2 Proz. Asche (0,18 Beythien [17]). Die Alkalität der Asche beträgt mindestens 2 ccm Normallauge. Geringere Werte deuten auf Streckung mit Wasser [18]. Bei Säften mit geringerem Zuckergehalt wird Asche und Alkalität in Prozenten des Restes (100 — Extrakt) ausgedrückt, also auf 100 g Rohsaft berechnet. Für reine Säfte sind als unterste Grenzwerte 0,75 und 5,7 anzunehmen, Werte von 0,5 Asche und 5 ccm Normalsäure deuten auf Wässerung [19]. Zu erwähnen ist, daß naturreine Säfte gewisser Jahrgänge diese Grenzwerte unterschreiten. (Siehe Fruchtweinstatistik Z. U. N.)

Normaler Himbeersaft in 10prozentiger Lösung besitzt nach Inversion eine Linksdrehung von mindestens -2^{0}, geringere Linksdrehung oder Rechtsdrehung ist durch Kapillarsirup veranlaßt.

Zitronensaft. Farnsteiner [20], Beythien und Borisch [21] fanden im reinen Zitronensaft:

Säure	5,8—6,8
Asche	4,02—6,49
Alkalität	4,99—7,59
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,019—0,030
Stickstoff	0,038—0,067

Stickstoffgehalt unter 0,025 ist verdächtig. Der Extraktrest nach dem Additionsverfahren berechnet (Extrakt weniger Zucker, freie Zitronensäure, Asche, Glyzerin und gebundene Zitronensäure), schwankt zwischen 0,4 und 1,0.

Marmeladen usw. „Allgemeine Gesichtspunkte“ [22].

1. Marmeladen sind Zubereitungen, hergestellt durch Einkochen von frischen, vollwertigen Früchten und Zucker (Rohr- oder Rübenzucker). Marmeladen einer bestimmten Fruchtart dürfen nur aus dieser Fruchtart und Zucker bestehen.

Gemischte Marmeladen müssen aus verschiedenen, aber vollwertigen Früchten und Zucker bereitet sein.

Marmeladen mit Phantasienamen, wie z. B. Kaiser-Marmelade, ferner Haushaltmarmelade müssen den Anforderungen an „gemischte Marmeladen“ entsprechen.

Mischungen aus Fruchtrückständen und Abfällen (Trestern usw.) sind als „Kunstprodukte“ zu kennzeichnen.

2. Zusatz von gewaschenen Kernen (Himbeer-) ist, da dieselben völlig aroma- und wertlos sind, ganz auszuschließen.

Die Kennzeichnung muß nach Schrift und Inhalt so gehalten sein, daß sie jedem Käufer Aufschluß über die wahre Beschaffenheit der Ware gibt.

Auf der Versammlung in Heidelberg [23] wurden auch endgültige Beschlüsse über die Kennzeichnung von Marmeladen, Fruchtsäften und anderen Obstkonserven getroffen, die im Wortlaute folgen:

3. Die beim Einkochen eines Obsterzeugnisses entweichenden und wiedergewonnenen Stoffe dürfen demselben Produkte wieder zugesetzt werden, ohne daß Deklaration nötig ist.

4. Breiige oder breiig stückige Fruchtzubereitungen, welche als Konfitüren oder Jams bezeichnet werden, sind wie Marmeladen zu beurteilen.

Marmeladen sind Zubereitungen aus frischen Früchten und Zucker.

5. Als Zusätze zu Obsterzeugnissen sind unzulässig: unter Zusatz von Wasser ausgelaugte oder der Destillation unterworfen gewesene Preßrückstände, sowie Preßrückstände ausgelaugter Früchte. Zulässig sind jedoch Preßrückstände von Saueräpfeln, die mit nicht mehr als 50 Proz. Wasser gekocht worden sind.

6. Bei der Herstellung von Marmeladen, die nach einer bestimmten Fruchtart benannt sind, müssen mindestens 45 Proz. der Frucht, die den Namen der Marmelade trägt, als Einwage genommen werden. Auf Marmeladen aus bitteren Orangen und Zitronen findet diese Bestimmung keine Anwendung.

Bei der Herstellung gemischter Marmeladen sind mindestenz 45 Proz. Gesamtfruchtmasse zu verwenden. In diesen 45 Proz. sind die 25 Proz. Äpfelmark, die mit Deklaration zugesetzt werden dürfen und die 8 Proz. Äpfelsaft einbegriffen.

7. Zusatz von Stärkesirup muß deklariert werden. Bei Obsterzeugnissen mit mehr als 25 Proz. Stärkesirup im fertigen Produkt ist die Deklaration „mit mehr als 25 Proz. Stärkesirup“ anzuwenden.

8. Die Deklaration „mit mehr als 25 Proz. Stärkesirup“ deckt Stärkesirupgehalte bis zu 50 Proz.

Die analytische Fehlergrenze der zur Bestimmung des Stärkesirups vorgeschriebenen Methode von Juckenack wird zu 10 Proz. des gefundenen Wertes festgesetzt, so daß ein Befund von 27,5 statt 25 und von 55 statt 50 Proz. noch keinen Grund zur Beanstandung bildet.

9. Als Geliermittel darf Äpfelsaft oder ein anderer geeigneter Saft bis zu einem Gehalte von 8 Proz. ohne Deklaration verwendet werden.

Außerdem darf das vollwertige Mark einer anderen Fruchtart hinzugesetzt werden. Ein solcher Zusatz ist zu kennzeichnen „mit Zusatz von Äpfelmark" oder ähnlich. Diese Deklaration deckt einen Zusatz bis zu 25 Proz. der angewandten Gesamtfruchtmasse.

10. Zusätze von Agar, Gelatine und ähnlichen Geliermitteln sind zu kennzeichnen. Zu Marmeladen mit dem Namen einer bestimmten Fruchtart dürfen diese Geliermittel nicht verwendet werden.

11. Preß- und Obstrückstände, also auch teilweise entsaftete Beeren, dürfen nicht für Marmeladen mit dem Namen einer bestimmten Fruchtart verwendet werden.

12. Gemischte Marmeladen, bei deren Herstellung Preßrückstände Verwendung gefunden haben, sind zu kennzeichnen als „Gemischte Marmelade mit Zusatz von Obst- oder Preßrückständen". Diese Deklaration deckt einen Zusatz bis zu 25 Proz. der angewandten Gesamtfruchtmasse.

13. Marmeladenähnliche Zubereitungen, die mit mehr Obstrückständen hergestellt sind, als 25 Proz. der angewandten Gesamtfruchtmasse entspricht, oder welche von Stärkesirup und anderen fremden Bestandteilen mehr als 50 Proz. enthalten, müssen als Kunstmarmelade bezeichnet werden.

14. Bei ganzen Kompottfrüchten ist ein Zusatz von Weinsäure und Zitronensäure ohne Kennzeichnung zulässig. Eingesottete Preiselbeeren sind hiervon ausgenommen.

15. Der Verband Deutscher Geleefabrikanten regt an, im fertigen Äpfelkraut einen Gehalt von Rohr- oder Rübenzucker in Mengen von höchstens 20 Proz. ohne Kennzeichnung zuzulassen, soweit ein solcher Zusatz erforderlich ist.

16. Für reine Fruchtsirupe ist ein geringer Zusatz von Weinsäure ohne Kennzeichnung zulässig.

17. Bei Fruchtsirupen soll durch die Deklaration „mit Stärkesirup" ein Gehalt an solchem bis zu 10 Proz. gedeckt werden.

18. Bei der Deklaration eines Farbzusatzes ist das Wort „gefärbt" zu verwenden. Das Wort „gefärbt" genügt unter allen Umständen.

19. Über die Art der Deklaration wird folgendes vereinbart: Alle Deklarationen müssen auf der Stelle angebracht sein, auf welcher der Inhalt des Gefäßes verzeichnet ist. Die Deklarationen können auf der Hauptetikette oder auf einer besonderen Etikette angebracht sein; letztere muß sich jedoch alsdann über oder unter der Hauptetikette befinden. Falls nur eine Etikette gewählt wird, muß sich die Deklaration unmittelbar über oder unter der Warenbezeichnung in gleichlaufender Schrift befinden.

Auf Gefäßen bis zu 16 cm Höhe sollen die kleinen Buchstaben der Deklaration 3 mm und auf Gefäßen von über 16 cm Höhe 5 mm groß sein. Bei Kunstmarmelade, Kunstgelee usw. darf kein Wort der Etikette größer sein als das Wort: Kunst.

Für die Deklaration muß eine leicht lesbare dunkle Schrift auf weißem Grunde genommen werden. Wenn normale Bestandteile auf den Etiketten besonders hervorgehoben werden, darf dies nicht in einer Schrift geschehen, die größer ist, als die der Deklaration.

Als Karenzzeit wird die Zeit bis zum 1. Januar 1910 festgesetzt.

Literatur:

1) Micko u. Pum, Z. U. N. 1900, **3**, 729; Fendler, Frank u. Stüber, ebenda, 1910, **19**, 10, 328.
2) Tschirch, A., Das Kupfer vom Standpunkt d. gerichtl. Chemie. Hygiene. Stuttgart 1893; Mayrhofer, J., Bericht 10. Vers. bayr. Chem., 1891; Lehmann, K. B., u. J. Mayrhofer, ebend., 11. Vers. 1892.
3) Halenke, Z. U. N. 1899, **2**, 128.
4) Ztrbl. f. d. Deutsche Reich 1901, S. 237 und Zeitschr. anal. Chemie 1903, **42**, Amtl. Erlässe, S. 29.
5) Lehmann u. Mayrhofer, Freie Vereinigung bayr. Chem., 1892. Regensburg 11. Vers.
6) Unters. landw. u. gewerbl. wichtiger Stoffe, 1906, S. 748.
7) Fresenius, Zeitschr. anal. Chemie 1899, **38**, 35.
8) Z. U. N. 1903, **6**, 1.
9) Z. U. N. 1904, **8**, 593.
10) Z. U. N. 1904, **8**, 10.
11) Z. U. N. 1906, **11**, 73.
12) Z. U. N. 1903, **6**, 1.
13) Z. U. N. 1904, **8**, 31.
14) Z. U. N. 1902, **5**, 1197.
15) Chem.-Ztg. 1900, **24**, 76.
16) Pharm. Zentralhalle, 1901, **42**, 374.
17) Späth, Z. U. N. 1901, **4**, 97.
18) Beythien, ebenda. 1903, **6**, 1905.
19) Juckenack u. Pasternack, Z. U. N. 1904, **8**, 10.
20) Z. U. N. 1903, **6**, 1.
21) Ebenda. 1905, **9**, 449.
22) Ber. VI. Vers. fr. Ver. d. Nahr.-Chem. 1907, **5**; Z. U. N. 1907, **14**, 5.
23) Ber. IX. Vers. fr. Ver. d. Nahr.-Chem.; Z. U. N. 1909, **18**, 77.

A. Brauselimonaden [1] mit dem Namen einer bestimmten Fruchtart sind Mischungen von Fruchtsäften mit Zucker und kohlensäurehaltigem Wasser.

Die Bezeichnung der Brauselimonaden muß den zu ihrer Herstellung benutzten Fruchtsäften entsprechen. Letztere müssen den an echte Fruchtsäfte zu stellenden Anforderungen genügen.

Eine Auffärbung mit anderen Fruchtsäften (Kirschsaft), sowie ein Zusatz von organischen Säuren ist nur zulässig, wenn sie auf der Etikette in deutlicher Weise angegeben werden.

B. Unter künstlichen Brauselimonaden versteht man Mischungen, die neben oder ohne Zusatz von natürlichem Fruchtsaft, Zucker und kohlensäurehaltigem Wasser organische Säuren oder Farbstoffe oder natürliche Aromastoffe enthalten.

Hinsichtlich der Konservierungsmittel gilt das bei Fruchtsätzen Gesagte.

Saponinhaltige Schaumerzeugungsmittel sind für die unter A und B genannten Produkte unzulässig.

Das zu verwendende Wasser muß den an künstliche Mineralwässer zu stellenden Anforderungen genügen.

Alkoholfreie Getränke [2], deren Name darauf hindeutet, daß sie Malz enthalten, wie alkoholfreies Bier, Malzgetränk, Malzol u. a. sind Erzeugnisse, welche im wesentlichen aus Wasser, Hopfen und Malz, eventuell unter teilweisem Ersatz des letzteren durch Zucker hergestellt werden und mit Kohlensäure imprägniert sind. Mindestens die Hälfte des Extraktes soll dem Malz entstammen. Zusätze von Stärkesirup, Farb- und Aromastoffen, mit Ausnahme des Hopfenöls, sind unzulässig.

„Alkoholfreie Weine“ sind Erzeugnisse, welche durch Sterilisation von Traubenmost oder durch Entgeisten von Wein und nachherigem Zusatz von Zucker hergestellt und event. mit Kohlensäure imprägniert werden.

Alkoholfreie Getränke, deren Name darauf hinweist, daß sie aus natürlichen Fruchtsäften bestehen, z. B. Heidelbeermost, Äpfelsaft, dürfen nur den ihrer Bezeichnung entsprechenden event. geklärten und mit Kohlensäure gesättigten Preßsaft frischer Früchte enthalten. Eine Beimischung von Wasser und Zucker darf nur insoweit erfolgen, als dadurch eine erhebliche Vermehrung nicht verursacht wird. Zusätze von organischen Säuren, Farb- und Aromastoffen, sowie Dörrobstauszügen sind ohne Deklaration unzulässig.

Kohlensäurehaltige Getränke von der Art der Brauselimonaden mit dem Namen einer bestimmten Fruchtart, z. B. Himbeerbrauselimonade, Apfelblümchen, sind Mischungen von Fruchtsäften mit Zucker und kohlensäurehaltigem Wasser. Ihre Bezeichnung muß den zu ihrer Herstellung benutzten Fruchtsäften entsprechen und letztere müssen den an echte Fruchtsäfte zu stellenden Anforderungen genügen.

Alkoholfreie Getränke, welche neben oder ohne Zusatz von natürlichem Fruchtsaft, Zucker und kohlensaurem Wasser noch organische Säuren oder Farbstoffe oder natürliche Aromastoffe enthalten, dürfen nur unter deutlicher Deklaration dieser Bestandteile in den Verkehr gebracht werden. Ihre Bezeichnung darf nicht geeignet sein, die Erwartung eines ausschließlichen Fruchtsaftgetränkes zu erregen.

Die Verwendung künstlicher Fruchtäther und saponinhaltiger Schaummittel ist für alle alkoholfreien Getränke unzulässig.

Als „alkoholfrei“ bezeichnete Getränke dürfen in 100 ccm nicht mehr als 0,42 g, entsprechend 0,5 Vol.-Proz. Alkohol enthalten.

Literatur:

1) Nach den Beschlüssen d. fr. Ver. d. Nahr.-Chem. 1907; Z. U. N. 1907, **14**, Heft 1 u. 2.
2) Beythien, VI. Vers. fr. Ver. d. Chem. 1907; Z. U. N. **14**, Heft 1 u. 2.

Honig.

Honig als Nahrungs- und Genußmittel ist der durch die Arbeitsbienen von den verschiedensten lebenden Pflanzen aufgesaugte, in der Honigblase der Biene verdichtete und fermentierte Saft, der in die Waben (Wachszellen) zum Zwecke der Ernährung des Bienenvolkes abgeschieden wird [1]. Frisch ausgelassen ist der Honig klar und dickflüssig, erstarrt jedoch nach einiger Zeit zu einem Kristallbrei (Glykose). Nach Abstammung unterscheidet man Lindenblütenhonig, Akazienhonig, Koniferenhonig usw. Als bester Honig gilt der von Lindenblüten, Heidekraut und Buchweizen. Der Koniferenhonig ist dunkelfarbig, häufig von eigenartigem Geschmack und Geruch, ziemlich reich an Dextrinen. Wabenhonig oder Scheibenhonig ist der in den Waben enthaltene Honig. Honig in künstlichen Waben ist kein Wabenhonig. Der freiwillig aus den Waben ausfließende Honig heißt Jungfernhonig, Tropfhonig ist der aus zerquetschten Waben freiwillig ausfließende, Schleuderhonig der durch Ausschleudern oder Zentrifugieren erhaltene. Die durch Erwärmen und Auspressen, durch Ausschmelzen der Waben erhaltenen Honige sind minderer Güte (Havannahonig).

Bestandteile des Honigs. Der Honig ist im wesentlichen eine wäßrige konzentrierte Lösung von Invertzucker, in welcher die Lävulose meist

überwiegt. Er enthält außerdem Rohrzucker, Dextrine (von niederem Molekulargewicht), Maltose, in geringen Mengen stickstoffhaltige Substanzen, organische Säuren, Riechstoffe und Mineralstoffe. Seine Zusammensetzung schwankt etwa innerhalb folgender Grenzen: Glykose 22—44 Proz., Fruktose 32—49 Proz., Saccharose bis 10 Proz., zuckerfreie Trockensubstanz 5—16 Proz., organische Säuren 0,1—0,2 Proz., Stickstoffsubstanz 0,8—2,7 Proz., Dextrine bis 10 Proz., Wasser, Mittel 20 Proz.

Verfälschungen des Honigs. Die Verfälschungen bestehen in Zusätzen von Wasser, Rohrzucker, Melasse, Invertzucker, Stärkezucker und Stärkesirup; hierher gehört auch das Füttern der Bienen mit Zuckerwasser während der Blütezeit.

Verdorbener Honig, durch Gärung und Schimmelpilze, was besonders bei wasserreichem Honig vorkommt.

Untersuchung.

1. Spezifisches Gewicht. Der Honig wird mit gleichem Teil Wasser verdünnt, die Bestimmung des spezifischen Gewichts erfolgt bei 15°.

2. Wassergehalt. Direkt in 5 g Honig durch Eintrocknen mit Quarzsand. Indirekt durch Bestimmung der Trockensubstanz aus dem spezifischen Gewicht der Lösung nach der Extrakttabelle von Halenke-Möslinger.

3. Asche. 10—20 g Honig werden vorsichtig verascht.

4. Polarisation. 10 g Honig werden in Wasser gelöst, mit Tonerdebrei geklärt, auf 100 aufgefüllt, filtriert. Bei Bestimmung der Polarisation ist auf die Birotation der Glykose zu achten, die durch 24stündiges Stehen der Lösung, Erwärmen oder Zusatz von 1—2 Tropfen Ammoniak, beseitigt wird.

5. Zuckerbestimmung. a) Bestimmung des Invertzuckers. Die mittels Tonerde geklärte 10proz. Honiglösung wird zehnfach verdünnt und in 25 ccm dieser Lösung der Invertzucker nach Meißel bestimmt.

b) Rohrzucker. Nach Inversion der geklärten Honiglösung wird nach den üblichen Verfahren der Zucker bestimmt. Die Differenz zwischen diesem gefundenen Zucker und Invertzucker (a) $\times 0{,}95 =$ Rohrzucker.

6. Prüfung auf Stärkezucker, Stärkesirup. Zu bemerken ist, daß reine Honige bisweilen rechtsdrehend sind und ein dem Stärkesirup ähnliches Dextrin enthalten können.

a) Gärverfahren. 25 g Honig werden in 200 ccm der Raulinischen Nährlösung aufgelöst, der Kolben mit Wattepfropfen verschlossen und die Flüssigkeit durch $^1/_4$ stündiges Kochen sterilisiert. Nach dem Erkalten werden 5 ccm dünnflüssige untergärige Bierhefe (keine Preßhefe und keine Weinhefe) zugesetzt, man läßt bei 30° vergären. Nach erfolgter Vergärung wird die Lösung auf 250 ccm aufgefüllt, geklärt und polarisiert; bei erheblicher Rechtsdrehung ist auf Dextrine zu prüfen. Siehe unten. Sind größere Mengen von Dextrin vorhanden, so ist eine quantitative Bestimmung derselben vorzunehmen und das spezifische Drehungsvermögen der Dextrine zu bestimmen, da Honigdextrine ein geringeres spezifisches Drehungsvermögen besitzen als die des Stärkesirups.

b) Alkoholfällung nach König und Karsch [2]. 40 g Honig werden in 40 ccm Wasser gelöst; von dieser Mischung werden 20 ccm im $^1/_4$-Literkolben unter Umschwenken und langsamem Zuträufeln mit absolutem Alkohol bis zur Marke aufgefüllt und 2—3 Tage stehen gelassen. 100 ccm des Filtrates werden zur Zuckerbestimmung (nach Verjagung des Alkohols) nach

Sachsse-Soxhlet und weitere 100 ccm nach dem Verdampfen zur Trockne und Auflösen in Wasser polarisiert. Rechtsdrehende Naturhonige zeigen dann nach diesem Verfahren Linksdrehung. Mit Stärkezucker oder Sirup versetzte Honige behalten ihre Rechtsdrehung. Auch rohrzuckerreiche Honige können sich so verhalten, daher Bestimmung des Rohrzuckers.

c) Verfahren nach E. Beckmann [3]. Das Verfahren beruht darauf, daß die Dextrine des Stärkezuckers und -sirups, besonders aber ihre Barytverbindungen leicht, die Honigdextrine dagegen durch Methylalkohol nicht gefällt werden. 5 ccm einer 20proz. Honiglösung werden mit 3 ccm einer 2proz. Barythydratlösung und dann mit 17 ccm Methylalkohol versetzt. Reiner Honig gibt höchstens eine geringe flockige Ausscheidung, bei verfälschtem entsteht sofort eine deutliche Fällung. Die Honiglösung muß vollständig klar sein (siehe oben 4.). Zum Zwecke quantitativer Bestimmung wird der Niederschlag auf gewogenem Asbestfilter gesammelt, mit Methylalkohol und Äther gewaschen, bei 50–60° getrocknet und gewogen. Nach Beckmann gibt 1 g Sirup durchschnittlich 0,455 g, 1 g Stärkezucker 0,158 g Fällung. Die Dextrine des Koniferenhonigs beeinflussen diese Bestimmung nicht.

Nach Fiehe [4] lassen sich die Honigdextrine von den Stärkedextrinen auf folgende Weise unterscheiden: 1 Teil Honig wird in 2 Teilen Wasser gelöst, auf dem Wasserbade erwärmt und mit Gerbsäure versetzt, wodurch die Eiweißstoffe ausgefällt werden. Nach 12stündigem Stehen wird filtriert und 2 ccm des Filtrats mit 2 Tropfen Salzsäure (1,19) versetzt. Auf Zusatz von 20 ccm Alkohol von 94 Proz. bleiben reine Bienenhonige, auch Koniferenhonige, absolut klar, während verfälschte Honige eine Trübung oder Fällung geben.

7. Bestimmung der Dextrose und Lävulose erfolgt nach Halenke-Möslinger [5].

8. Säuregehalt. Durch Titration des verdünnten Honigs mit $\frac{n}{10}$ Alkali, Indikator Phenolphthalein. Die Säure wird meist als Ameisensäure angegeben, was nach Farnsteiner [6] unzutreffend ist, weil die Azidität durch eine nichtflüchtige Säure hervorgerufen wird. Der Säuregrad wäre daher richtiger in ccm Normallauge für 100 g Honig anzugeben oder auf Apfelsäure zu berechnen.

9. Stickstoff. Nach Kjeldahl bestimmt.

10. Silberreaktion von Ley [7]. 5 ccm einer filtrierten Honiglösung (1 + 2) werden in einem Röhrchen mit 5 Tropfen einer Silberlösung vermischt, in kochendem Wasserbade erwärmt. Naturhonige geben ein fluoreszierendes Gemisch, das beim Umschütteln braunrot und durchsichtig, an der Glaswandung einen braungrünen bis gelbgrünen Schein zurückläßt. Kunsthonige erscheinen undurchsichtig, braun bis schwarz ohne gelbgrünen Schein. Das Verhalten des Naturhonigs beruht auf der Bildung einer kolloidalen Lösung des ausgeschiedenen metallischen Silbers (Eiweißstoffe oder Dextrine).

11. Die Resorzin-Salzsäure-Reaktion von Fiehe [8]. Bekanntlich werden bei der Inversion des Rohrzuckers Nebenprodukte gebildet, die im Äther löslich sind und mit Resorzin und Salzsäure deutliche Farbenreaktionen geben. Fiehe verreibt 5 g Honig in einem Mörser mit Äther, filtriert, verdampft den Äther und versetzt den trockenen Rückstand mit Resorzin-Salzsäure (1 g Resorzin, 100 g rauchende Salzsäure d. 1. 19). Bei Gegenwart von zu-

gesetztem Invertzucker tritt eine orangerote Färbung auf, die rasch in Kirschrot übergeht.

A. Jägerschmid [9] hat diese Reaktion vereinfacht; er reibt 3 g Honig mit Azeton an, versetzt 2—3 ccm dieses Auszuges mit der gleichen Menge konzentrierter Salzsäure unter Abkühlen. Reine Naturhonige geben bernsteingelbe Färbung, bei Kunsthonig treten sofort karmoisinrote oder violette Färbungen auf. Man hat der Fieheschen Reaktion beweisenden Wert abgesprochen, weil angeblich der Invertzucker des Naturhonigs durch Erwärmen, was in der Praxis vielfach geschieht, gleichfalls die Fiehesche Reaktion geben soll.

Reinhard [10] weist durch eingehende Untersuchung nach, daß selbst erhitzte Honige die Jägerschmidsche Reaktion nicht geben, diese daher ein brauchbares Unterscheidungsmittel zwischen Natur- und Kunsthonig darstellt. Die von Lund [12] eingeführte Tanninfällung ist, da der Stickstoffgehalt der Honige außerordentlich schwankt, einstweilen für die Beurteilung der Honige nicht brauchbar.

Beurteilung [12].

1. Das spezifische Gewicht wäßriger Honiglösung (1 zu 2) soll nicht unter 1,11 betragen bzw. einen Wassergehalt von 21,5 Proz. (Tabelle Halenke-Möslinger) entsprechen.

2. Der Aschengehalt schwankt innerhalb weiter Grenzen, 0,1—0,35, liegt aber auch vielfach unter 0,1 und über 0,35. Der Gehalt an Nichtzucker unter 1,5 Proz. läßt auf Zusatz von Rohrzucker oder Invertzucker schließen. Beträgt die Rechtsdrehung der 10proz. Lösung mehr als 1 Kreisgrad im 200-mm-Rohr, gibt der Honig Dextrinreaktionen, so besteht Verdacht auf Zusatz von Stärkezucker oder Stärkesirup. Das nach der Vergärung des Honigs erhaltene Dextrin muß eine spezifische Drehung unter + 170 besitzen. Drehungen von 170—193 entsprechen den Dextrinen der Stärkesirupe. Werden nach der Beckmannschen Methylalkoholbarytfällung mehr als Spuren erhalten, so liegen gleichfalls Dextrine des Stärkesirups vor.

Als Fälschung ist der Verschnitt von inländischem mit minderwertigem ausländischen Honig zu betrachten. Der durch Zuckerfütterung gewonnene Honig ist entsprechend der Begriffserklärung für Honig (siehe oben) als eine nachgemachte Ware zu bezeichnen.

Die Raulinische Nährstofflösung besteht aus Wasser 1500 ccm, Weinsäure 4 g, Ammoniumnitrat 4 g, Ammoniumphosphat 0,6 g, Ammoniumsulfat 0,25 g, Kaliumkarbonat 0,6 g Kaliumsilikat 0,07 g, Magnesiumkarbonat 0,4 g, Eisensulfat 0,07 g, Zinksulfat 0,07 g.

Literatur:

1) Z. U. N., VII. Vers. deutsch. Nahr.-Chem. 1908, **16**, 1 u. 2.
2) Z. anal. Chem. 1895, **34**, 1.
3) Z. anal. Chem. 1896, **35**, 263.
4) Z. U. N. 1909, **18**, 310.
5) Z. anal. Chem. 1895, **34**, 263.
6) Z. U. N. 1908, **15**, 598.
7) Z. U. N. 1904, **8**, 519.
8) Z. U. N. 1908, **15** u. **16**, 492 u. 75.
9) Z. U. N. 1909, **17**, 113.
10) Z. U. N. 1910, **20**, 113.
11) Ebenda 1909, **17**, 128.
12) Freie Ver. Deutsch. Nahr.-Chem. Z. U. N. 1907, **14**, 17.

Rohrzucker (Saccharose).

Der Herkunft nach unterscheidet man Rübenzucker aus Beta vulgaris, Kolonialzucker aus Zuckerrohr (Saccharum officinarum), und den Ahornzucker aus Sorghum saccharatum. Endlich wird in Ostindien aus dem Safte von Dattelpalmen Saccharose gewonnen (Palmyra Jaggery). Restprodukte oder Abfallprodukte der Zuckergewinnung, aus denen trotz ihres hohen Zuckergehaltes Zucker nicht mehr auskristallisiert, heißen Melasse bzw. Kolonialsirup. Während die Rübenzuckermelasse, aus der durch das Kalk- oder Strontiumverfahren übrigens ein großer Teil des Zuckers als Saccharat noch abgeschieden wird, einen unangenehmen Geruch und Geschmack besitzt, wird der Kolonialsirup direkt als Genußzucker oder zur Herstellung von Rum und Branntwein verwendet. Kandiszucker wird sowohl aus Rübenzucker wie aus Kolonialzucker hergestellt. Die weißen Rübenkandiszucker und Kristallzucker werden, um sie dem Kolonialzucker ähnlicher zu machen, mit Karamel leicht angefärbt.

Untersuchung.

1. Spezifisches Gewicht: Die Bestimmung erfolgt pyknometrisch. Wie bei allen dicken Flüssigkeiten, benützt man auch hier ein Pyknometer mit eingeschliffenem Steigrohr.

2. Wassergehalt. Der fein gepulverte Zucker (8—10 g), Melasse oder Sirup (2—3 g) werden mit ausgeglühtem Sand gemischt und bis zu konstantem Gewicht getrocknet (105—110 ^{0}).

3. Aschengehalt. Von festem Zucker werden 10 g, von Sirupen etwa 3 g in einer Platinschale eingetrocknet, dann mit konzentrierter Schwefelsäure befeuchtet, geglüht und schließlich in der Muffel weiß gebrannt. Von dem Gewicht der gewogenen Asche ist der Differenz zwischen Karbonat und Sulfat wegen $^1/_{10}$ abzuziehen.

4. Zuckerbestimmung. a) In Raffinade und Rohrzucker durch Polarisation, nach Vorschrift der Ausführungsbestimmungen Anlage C zum deutschen Zuckersteuergesetz. Man löst 26 g Zucker (Normalgewicht) in Wasser, entfärbt, wenn nötig, füllt auf 100 ccm auf und polarisiert. Bei den mit Zuckerskala versehenen Apparaten von Schmidt und Hänsch, und Soleil-Ventzki-Scheibler, kann der Zuckergehalt direkt in Prozenten abgelesen werden. Bei Apparaten mit Kreisteilung entspricht 1 ^{0} Drehung (200 mm Rohr) 0,75 g Zucker in 100 ccm Lösung (spezifische Drehung des Rohrzuckers $= + 66{,}5^0$).

b) In Sirupen und Melassen ist die Bestimmung nach Anlage A der Ausführungsbestimmungen bei Anwendung von 13 g (Halbnormal) auszuführen.

c) Die gewichtsanalytische Bestimmung erfolgt nach Anlage B 1 der Ausführungsbestimmungen.

d) Rohrzucker neben Raffinose ebenda, Anlage B.

e) Rohrzucker neben Stärkezucker. Rohrzuckerlösung ist nach der Vergärung optisch inaktiv, bei Gegenwart von Stärkezucker besitzt die Lösung Rechtsdrehung. (Siehe auch Stärkezuckerbestimmung in Marmeladen.)

Verfälschungen und Beurteilung. Verfälschungen werden höchstens bei gepulvertem Zucker vereinzelt durch Zusatz von Mehl, Kreide, oder ähnlichen Substanzen versucht werden. Zusätze von Stärkesirup zu Rohrzuckersirup, ebenso das Auffärben von Rübenzucker, um ihn dem Kolonialzucker ähnlich

zu machen, ist zu beanstanden. Der Nachweis der oberflächlichen Färbung mit Karamel gelingt durch rasches Abwaschen der Kristalle mit 80 prozentigem Alkohol. Das Bläuen der Raffinade dagegen ist erlaubt.

Die reinsten Zuckersorten des Handels enthalten über 99,9 Proz. Rohrzucker, die gewöhnlichen Sorten nicht unter 98 Proz.

Stärkezucker, Kartoffelzucker.

(Traubenzucker, Dextrose, Stärkesirup, Kapillarsirup.)

Diese Produkte werden hergestellt durch Erhitzen von Kartoffel- oder Maisstärke mit verdünnter Schwefelsäure. Wird die Inversion vollständig durchgeführt, so wird hauptsächlich Traubenzucker erhalten, bei unvollständiger Inversion bis zum Verschwinden der Stärkemehlreaktion enthält das Produkt etwa zu gleichen Teilen Dextrose und Dextrin (Stärkesirup). Stärkezucker und Stärkesirup dienen als Ersatz des Zuckers bei Herstellung der Nahrungsmittel.

Der Stärkezucker besteht der Hauptsache nach aus Dextrose; enthält je nach seiner Reinheit etwa 5 Proz. Dextrine und etwa 15 Proz. Wasser.

Die früher behauptete Gesundheitsschädlichkeit seiner unvergärbaren Bestandteile [1] (s. Gallisin), ist später von Barth [2] selbst nicht mehr aufrecht erhalten, und als wahrscheinliche Wirkung von Hefeptomainen erklärt worden.

Das Gallisin von Schmidt ist kein einheitlicher Körper, sondern ein Gemenge verschiedener Dextrine. Stärkesirup, meist farblos wasserhell, enthält je nach Konzentration 15—20 Proz. Wasser, etwa 40 Proz. Dextrin und 35—45 Proz. Dextrose. Außerdem ist in vielen dieser Präparate schweflige Säure und auch vereinzelt zufolge mangelhafter Neutralisation freie Schwefelsäure enthalten.

Untersuchung.

Spezifisches Gewicht wie bei Rohrzuckersirup.

Wassergehalt entweder direkt durch Eintrocknen von 5 ccm einer 10prozentigen Siruplösung, Trocken bei 105; oder indirekt aus dem spezifischen Gewicht. (Tabelle Brix oder Balling.)

Die unlöslichen Bestandteile, der Aschen- und Säuregehalt, werden wie üblich bestimmt. Der qualitative Nachweis von schwefliger Säure wird nach den gewöhnlichen Methoden ausgeführt. (Jodsäure-Stärkepapier.) Die quantitative Bestimmung erfolgt durch Destillation in Kohlensäurestrom unter Zusatz von Phosphorsäure und Einleiten des Destillates in Jodlösung.

Zucker- und Dextrinbestimmung. 1. 25 ccm einer 10prozentigen Lösung werden auf 250 verdünnt und in 25 ccm dieser Lösung der reduzierende Zucker nach Allihn bestimmt.

2. Je 50 ccm der 1prozentigen Lösung werden mit 4 ccm Salzsäure (1,19) versetzt und am Rückflußkühler im kochenden Wasserbade je 1. 2 und 3 Stunden lang erhitzt. Sodann wird rasch abgekühlt, fast neutralisiert, auf 100 aufgefüllt und in 25 ccm dieser Lösungen die Dextrose nach Allihn bestimmt.

Aus der Differenz dieser nach „2“ gefundenen Gesamtdextrose und der nach „1“ ohne Inversion gefundenen Dextrose berechnet sich der Dextringehalt durch Multiplikation mit 0,9.

3. durch Vergärung:
   a) aus der Gewichtsabnahme durch die entwickelte Kohlensäure,
   b) aus dem gebildeten Alkohol und
   c) durch Extraktbestimmung vor und nach der Gärung.
4. Bestimmung der Dextrose durch Polarisation.

Bei verdünnten (bis zu 14 g wasserfreie Dextrose in 100 ccm enthaltenden) Dextroselösungen beträgt die spezifische Drehung der Dextrose + 53°, während dieselbe bei konzentrierteren Lösungen nicht unerheblich größer ist.

Wegen Birotation ist die Polarisation entweder nach $^1/_4$ stündiger Erwärmung auf 100° oder 24stündigem Stehen vorzunehmen. Verwendet man zur Polarisation Dextrose-Lösungen, welche bis zu 14 g wasserfreie Dextrose in 100 ccm enthalten, so entspricht 1° Drehung im 200-mm-Rohr

im Polarisationsapparat von:	g Dextrose in 100 ccm Lösung:
Mitscherlich, Wild und Laurent mit Kreisgradteilung .	0,9434 g
Soleil-Ventzke-Scheibler, Schmidt & Haensch mit Zuckerskala	0,2368 g
Soleil-Dubosq mit Zuckerskala	0,2051 g

Anhang. Zuckercouleur.

Durch Karamelisieren von Stärkezucker hergestellt, kommt dieses Präparat teils als dicker Sirup, teils in fester Form (Kaffeesurrogat) in den Handel. Da die Zuckercouleur als Färbemittel für Spirituosen, Wein, Bier, Essig usw. dient, so muß sie möglichst dextrinfrei und selbst in 80 proz. Alkohol löslich sein. Mit Hilfe von Alkalien hergestellte Couleur trübt sich beim Ansäuern unter Abscheidung von Huminstoffen.

Künstliche Süßstoffe [1].

Das Gesetz vom 7. Juli 1902 bezeichnet als künstliche Süßstoffe alle auf künstlichem Wege gewonnene Stoe, die als Süßmittel verwendet werden können, dabei einen höheren Süßwert, aber geringeren Nährwert als Rohr-(Rüben-)Zucker besitzen.

1. Saccharin kommt als reines Saccharin- $C_6H_4\left<\begin{matrix}CO\\SO_2\end{matrix}\right>NH$, oder als Natriumsalz im Handel vor. Ersteres ist ein weißes, kristallinisches, in Wasser schwer, in Alkohol und Äther leicht lösliches Pulver. Schmelzpunkt 224°. Es ist etwa 500 mal süßer als Rohrzucker. Das Natriumsalz $C_6H_4\left<\begin{matrix}CO\\SO_2\end{matrix}\right>NNa$ + 2 H_2O dagegen ist in Wasser leicht löslich, schwer löslich in Alkohol und Äther, es ist etwa 300—500 mal süßer als Rohrzucker. Sykorin, Kristallose, lösliches Saccharin, Sykose usw. sind verschiedene Bezeichnungen dieses Salzes.

2. Dulcin, Paraphenetolkarbamid ($C_2H_5 \cdot O \cdot C_6H_4 \cdot NH \cdot CO \cdot NH_2$). Weißes, in kaltem Wasser schwer, in heißem Wasser, Alkohol und Äther leicht lösliches Pulver, unlöslich in Petroläther, löslich in Äther-Petroläther.

Es schmilzt bei 173°; ist nicht unzersetzt sublimierbar, 400 mal süßer als Rohrzucker.

Glucin, das Natriumsalz eines Gemisches der Mono- und Disulfosäure einer aus $C_{19}H_{16}N_4$ bestehenden Verbindung, ist ein hellbräunliches Pulver, in heißem Wasser leicht löslich, unlöslich in Chloroform und Äther. Bei 150° zersetzt es sich ohne zu schmelzen, es soll 300 mal so süß sein als Rohrzucker.

Nachweis. Saccharin. Extrahieren der mit Phosphorsäure angesäuerten Lösung mit Alkohol, Äther, um auch das Saccharin des Natriumsalzes in Lösung zu bekommen. Der nach dem Verdunsten des Lösungsmittels bleibende Rückstand wird auf Saccharin geprüft, durch den Geschmack, durch Bestimmung des Schmelzpunktes, durch Überführen in Salizylsäure [2], (Schmelzen mit Ätznatron), und durch Oxydation des Schwefels der Sulfogruppe (Schmelzen mit Soda und Salpeter) und Bestimmung der Schwefelsäure [3].

Dulcin. Extraktion mit Chloroform. a) Nachweis nach Jorisen [4]. Dulcin in Wasser supendiert, mit 2—4 Tropfen einer salpetersauren Lösung von Merkurinitrat versetzt, im siedenden Wasserbade erwärmt, färbt sich schwach violett. Die Färbung wird auf Zusatz von Bleidioxyd intensiver.

b) Nach Berlinerblau [5]. Wird Dulcin mit 3—4 Tropfen Phenol und konzentrierter Schwefelsäure erhitzt, sodann mit Wasser verdünnt und mit Ammoniak überschichtet, so entsteht an der Berührungsstelle der beiden Flüssigkeiten eine blaue Zone.

c) Mit Natronlauge destilliert, bildet sich Phenetidin, das durch Erhitzen mit Eisessig in Phenacetin übergeführt wird, und als solches erkannt werden kann.

Eine ausführliche Literaturübersicht bis zum Jahre 1899 findet sich im Vereinbar. f. d. Deutsche Reich. J. Springer, Berlin 1899.

Glucin, in salzsaurer Lösung mit Natriumnitrit und einer alkalischen Lösung von α-Naphthol versetzt, gibt eine rote Färbung. Resorzin oder Salizylsäure in alkalischer Lösung färben hellgelb.

Die Beurteilung von mit künstlichen Süßstoffen hergestellten Nahrungs- und Genußmitteln hat im Sinne des Süßstoffgesetzes vom 7. Juli 1902 zu erfolgen.

Eine Anweisung zur chemischen Untersuchung der künstlichen Süßstoffe siehe Z. U. N. 1903.

Zuckerwaren.

Konditorwaren [6], Nahrungs- und Genußmittel, die aus Zucker allerart für sich oder mit feinen Mehlsorten, Gewürzen, Früchten und Fruchtsäften, organischen Säuren, Fruchtäther usw. hergestellt sind. Man unterscheidet:

a) Konfekt, Marzipan, aus eßbaren Zubereitungen hergestellte Nachbildungen von allerlei Tafelverzierungen.

b) Bonbons, Zuckerwaren mit oder ohne Füllung, Fondant, Praliné, Karamellen, Gerstenzucker, Plätzchen;

c) Kandierte Früchte und Dragees;

d) Gefrorenes, Eis, Creme, Sülzen. Verunreinigungen und Fälschungen können bestehen in mineralischen Zusätzen, Farbstoffen, künstlichen Süßstoffen, künstlichen, gesundheitsschädlichen Aromastoffen und Ersatz der

Mandeln bei Marzipan durch anderen Samen. Endlich dadurch, daß das Verpackungsmaterial gesundheitsschädliche Farben enthält.

Untersuchung.

Für die Untersuchung kommen die oben angeführten Verfälschungen und Verunreinigungen in Betracht. Sie wird sich daher in der Regel auf die Feststellung der Asche, Nachweis gesundheitsschädlicher Farben und Metalle und Süßstoffe beschränken.

Besondere Bestimmungen, z. B. Trennung der einzelnen Zuckerarten voneinander, Bestimmung der Raffinose, können hier übergangen werden, da ihre Anwendung nur einen seltenen Ausnahmefall darstellt. Bezüglich Marzipan ist hervorzuheben, daß Rohmarzipan in der Regel etwa aus $^2/_3$ Mandel und $^1/_3$ Zucker mit etwas Gewürzen, Rosenwasser bestehen soll.

Fälschungen bestehen im Ersatz der Mandeln, durch verschiedene Nüsse, Pfirsich- und Aprikosenkerne (siehe Obst, [Fendler]), Mehl, Glyzerin, Sirup, Stärkesirup, ferner durch Zusatz von Nitrobenzol. Marzipan ist daher stets auf Blausäure und Nitrobenzol zu prüfen [7].

Beurteilung.

Zuckerwaren müssen frei sein von mineralischen Zusätzen und gesundheitsschädlichen metallischen Stoffen; sie dürfen weder gesundheitsschädliche Farbstoffe enthalten, noch mit Umhüllungen oder Verzierungen, die dem Reichsgesetz vom 5. Juli 1887 nicht entsprechen, versehen sein. Die Verwendung künstlicher Süßstoffe ohne Deklaration, gesundheitsschädliche Aromastoffe (blausäurehaltiges, bitteres Mandelöl, Nitrobenzol) ist verboten. Verdorbene Zuckerwaren (Motten- und Insektenfraß, in Gärung oder Zersetzung begriffene) sind zu beanstanden.

Literatur:

Stärkezucker.

1) Neßler u. Barth, Landw. Vers.-Stat. 1880, **26**, 207.
2) Bericht Vers. bayr. Chem. 1899, **2**.

Künstliche Süßstoffe.

1) Vereinbar. f. d. Deutche Reich, II, 136. Jul. Springer, Berlin 1902.
2) Hilger, Vierteljahresschr. 1888, **3**, 338; Wirthle, Chem. Ber. 1900, **24**, 1035; 1901, **25**, 816.
3) Ber. 9. Vers. bayr. Chem. 1890, Erlangen.
4) Chem.-Ztg. 1896, **20**, Rep. 114.
5) J. f. pr. Chem. 1893, **30**, 103. Pharm. Ctrh. 1893, 280, 550.

Zuckerwaren.

6) Vereinbar. f. d. Deutsche Reich, Heft II. Jul. Springer, Berlin 1902.
7) Hartel und Hase, Pharm. Ctrh. 1907, **48**, 1029; und H. Mathes, Z. U. N. 1905, **9**, 726.

Gewürze.

Unter Gewürzen versteht man gewisse Pflanzenteile, die besonderer Bestandteile wegen: flüchtige ätherische Öle, aromatische Stoffe und Harze, zum Würzen von Nahrungsmitteln Verwendung finden [1].

1. Anis besteht aus den getrockneten, nicht extrahierten Spaltfrüchten von Pimpinella Anisum.

Verfälschungen. Beimengungen extrahierter Früchte.

2. Fenchel. Die getrockneten, nicht extrahierten ganzen Spaltfrüchte von Foeniculum vulgare.

Verfälschungen. Extrahierte Ware, künstliche Färbung, Zusatz größerer Mengen von Fruchtstielen. Die extrahierten Früchte sind an ihrer dunklen Färbung, an dem dunklen schwarzen Endosperm, der meist stärkemehlhaltige Farbstoff durch mikroskopische Prüfung des von den Früchten abgesiebten oder makroskopisch an den in den Tälchen der Früchte hängenden Pulvers zu erkennen.

Zum Färben wird Schüttgelb (aus Gelbbeeren und Querzitronrinde), Ocker und Chromgelb benutzt.

3. Gewürznelken sind die nicht vollständig entfalteten, getrockneten, unverletzten, aus Unterkelch und Köpfchen bestehenden, nicht extrahierten Blüten von Eugenia aromatica (Cariophyllus aromaticus). Sie müssen nach Eugenol schmecken und riechen und beim Drücken aus dem Gewebe des Unterkelches ätherisches Öl absondern. Gemahlene Nelken müssen braun bis braunrot und von kräftigem Geruch und Geschmack sein. Gehalt an Nelkenstielen nicht mehr als 10 Proz., an ätherischen Ölen mindestens 10 Proz.

Verfälschungen. Zusatz von entölten Nelken und Nelkenstielen, auch von Kakaoschalen, wurde beobachtet.

4. Ingwer ist der gewaschene, getrocknete, von den äußeren Gewebsschichten ganz oder teilweise befreite, nicht extrahierte Wurzelstock (Rhizom) von Zingiber officinale.

Verfälschungen. Getreidemehle, Mandelkleie, Kurkuma, Lein- und Rapskuchen, Cayennepfefferschalen und extrahierter Ingwer.

5. Kardamomen sind Früchte des kleinen oder Malagarkardamomen (Elettaria Card.) oder des langen Ceylonkardamomen (Elettaria Card. major). Der Gehalt an ätherischem Öl soll nicht unter 3 Prozent betragen.

6. Koriander. Spaltfrüchte von Coriandrum sativum.

7. Kümmel besteht aus den getrockneten, unverletzten, nicht extrahierten Spaltfrüchten von Carum Cavi.

Verfälschung. Extrahierter Kümmel.

8. Majoran, das getrocknete blühende Kraut von Origanum majorana. Das Gewürz besteht teils aus zerschnittenen Blättern und Stengeln oder lediglich aus Blüten und Blättern; ganze Pflanzen, als solche, oder gepulvert kommen selten in den Handel.

9. Muskatblüte (Macis) ist der Samenmantel der echten Muskatnuß. Myristica fragrans. Sie kommt teils ganz, teils gemahlen in den Handel, Ätherisches Öl mindestens 4,5 Proz.

Verfälschungen. Bombay Macis, M. malabarica (wilder Macis), Palmkernmehl, Mohnkuchen, Zucker, Olivenkerne, Muskatnußpulver usw.

10. Muskatnuß ist der nach geeignetem Trocknen und Entfernen der harten Samenschale gekalkte Samenkern des Muskatnußbaums M. fragrans.

11. Paprika oder spanischer Pfeffer ist die getrocknete, reife, beerenartige Frucht von Capsicum annuum, C. longum. Als Cayennepfeffer kommen die gepulverten Früchte der kleinfrüchtigen Capsicumarten, C. frutescens usw., in den Handel.

Ganzer wie gemahlener Paprika muß einen lang andauernden brennenden Geschmack besitzen und darf weder extrahierte noch künstlich gefärbte Früchte beigemischt enthalten. Das alkoholische Extrakt betrage mindestens 25 Proz.

Verfälschungen. Farbige mineralische Pulver, Teerfarben, Sandelholz, Kurkumapulver und extrahierter und angefärbter Paprika.

12. Pfeffer. Der „schwarze Pfeffer" ist die getrocknete, unreife, der „weiße Pfeffer" die getrocknete, reife, von dem äußeren Teil der Fruchtschale befreite Steinfrucht von Piper nigrum. Der Pfeffer kommt ganz und gemahlen in den Handel. Ganzer „schwarzer Pfeffer" besteht aus möglichst vollwertigen Körnern. Der Gehalt an tauben Körnern, Fruchtspindel und Stielen darf 15 Proz. nicht übersteigen. Ganzer „weißer Pfeffer" besteht aus vollwertigen, reifen oder aus geschälten, unreifen Körnern. Das Kalken ist als Verfälschung anzusehen.

Gepulverter „schwarzer Pfeffer" muß aus den Früchten des schwarzen Pfeffers hergestellt sein und reichlich Perispermstücke enthalten; Pfefferschalen, Pfefferspindeln, Absiebsel von ganzem Pfeffer oder Pfefferstaub dürfen nicht zugesetzt werden. Das Vermahlen von Pfeffer mit mehr als 15 Proz. tauben Körnern ist als Fälschung zu bezeichnen.

Gemahlener „weißer Pfeffer" muß ausschließlich aus reifen oder geschälten schwarzen Körnern hergestellt sein; er darf weder Schalenteile in größerer Menge, noch extrahierten Pfeffer enthalten.

Der Beurteilung sind folgende Grenzwerte zu unterlegen.

Lufttrocken	Schwarzer Pfeffer	Weißer Pfeffer
Mineralbestandteile	7 Proz.	4 Proz.
do. in 10proz. Salzsäure unlöslich .	2 „	1 „
Rohfaser . . . . . . nicht über	17,5 „	nicht über 7 „
Bleizahl nach Busse in 1 g wasserfreiem Pfefferpulver nicht über	0,08 g Blei,	nicht über 0,03 g Blei.

Verfälschungen. Künstlicher ganzer Pfeffer (aus Ton oder Mehlteig gefärbt und in Formen gepreßt), Färben mit Ruß usw., Zusatz von Palmkernmehl, Olivenkerne, Nußschalen, Erdnußmehl, Mandelkleie, Getreidemehle, Wacholderbeeren, Pfefferschalen usw. Die sogenannte Pfeffermatta ist ein Verfälschungsmittel aus gemahlenen Birnen, Hirse, Kleie, Bleichromat, Schwerspat usw.

13. Piment. Nelkenpfeffer (Neugewürz) ist die getrocknete, nicht völlig reife Beerenfrucht von Pimenta officinalis. Ganzer oder gemahlener Piment darf nicht extrahiert sein, nicht mehr als 2 Proz. Stiele und nicht mehr als 5 Proz. überreife Früchte und nicht weniger als 2 Proz. ätherische Öle enthalten.

Verfälschungen. Piment unterliegt denselben Verfälschungen wie Pfeffer. Außerdem werden angewendet Zusatz von Kakaoschalen, Nelkenstielen, Sandelholz, sowie der aus Birnenmehl und Hirsekleie bestehenden Pimentmatta.

14. Safran sind die getrockneten Narben von Crocus sativus. Safran sowohl ganz wie gemahlen, muß aus den nicht extrahierten Narben von Crocus sativus bestehen. Der sogenannte naturelle Safran darf nicht mehr als 10 Proz. Griffel und Griffelteile enthalten. Der elegierte Safran muß frei sein von Griffel- und Griffelenden. Der Wassergehalt betrage nicht mehr als 15 Proz. In der Asche dürfen anormale Bestandteile nicht enthalten sein. Der Rohfasergehalt beträgt 5 Proz.

Verfälschungen. Blumenblätter von Calendula officinalis, Saflorblüten, Carthamus tinctorius, Blüten anderer Krokusarten, Griffel der Safranblüte

(Feminell), Sandelholz, Kurkuma, Getreidemehl, als Beschwerungsmittel dienen Honig, Glyzerin, Sirup, Schwerspat, Gips, Kreide, Zinnoxyd. Extrahierte Safrane werden mit Teerfarben aufgefärbt.

15. Senfsamen, Senfmehl, das zur Bereitung des Tafelsenfes verwendet wird, wird aus den Samen von Brassica nigra (schwarzer Senf) und von Sinapis alba (weißer Senf) und Sinapis juncea (russischer Senf) bereitet.

Verfälschungen. Ölhaltige Samenmehle, Preßrückstände usw., Zusätze von Mehl (Weizen, Mais, Kartoffeln, Erbsen) und Farbstoffen zu Senfmehl und Speisesenf usw. sind als Fälschungen zu bezeichnen, wenn sie nicht deklariert sind.

16. Vanille ist die nicht völlig ausgereifte, noch geschlossene schwarzbraune Kapselfrucht von Vanilla planifolia. Sie muß aromatischen Geruch und Geschmack besitzen und aus unversehrten, nicht extrahierten Kapselfrüchten bestehen. Aufgesprungene, dünne, gelblichbraune, steife Früchte, sowie solche mit Heliotropgeruch sind nicht als normale Ware zu bezeichnen.

Verfälschungen. Verschiedene heliotropartig riechende Sorten sogenannte „Vanillons“ (Tahiti-Vanille), ferner mit Öl- oder Perubalsam, Sirup bestrichene und mit Benzoesäure oder Vanillinkristallen bestäubte Kapselfrüchte.

17. Zimt besteht aus den getrockneten, von der Oberhaut mehr oder weniger befreiten Astrinden verschiedener Cinnamomumarten C. Zeylanicum, C. Cassia, C. Burmanni, var. chinense. Reiner Zimt oder dessen Pulver muß ausschließlich aus den nichtextrahierten Rinden der oben erwähnten drei Arten bestehen, charakteristischen Zimtgeruch und -geschmack besitzen und mindestens 1 Proz. ätherisches Öl enthalten. Aus Zimtbruch hergestelltes Zimtpulver muß als solches bezeichnet sein.

Grenzzahlen für Aschengehalt und in 10 Proz. in Salzsäure unlöslichen Bestandteil der Asche (Sand, Ton):

Lufttrockene Substanz	Asche Proz.	in Salzsäure unlöslich
Anis	10	2,5
Fenchel	10	2,5
Gewürznelken	8	1
Ingwer	8	3
Kardamomen, ganz mit Hüllen	14	4
„ Samen	10	4
Koriander	7	2
Kümmel	8	2
Majoran, geschnitten	12	2,5
„ gerebelt oder Blattmajoran	16	3,5
Muskatblüte	3	0,5
Muskatnuß	3,5	0,5
Paprika	6,5	1,0
Pfeffer, schwarz	7,0	2,0
„ weiß	4,0	1,0
Piment	6	0,5
Safran	8	0,5
Senfsamen	4,5	0,5
Vanille	5	—
Zimt	5	2
Zimtbruch	7	3,5

Verfälschungen. Zimtabfall, Kakaoschalen, Nußschalen, Zigarrenkistenholz, Galgant, Sandelholz, Zucker, Zimtmatta, entölter Zimt, Ocker usw.

Untersuchung. Die Untersuchung der Gewürze auf Verfälschungen geschieht auf chemischem und mikroskopischem Wege. Letztere, von größter Wichtigkeit, ist stets auszuführen; sie verlangt genaue botanische Kenntnisse, es muß daher auf die Spezialliteratur hingewiesen werden. Die chemische Untersuchung beschränkt sich der Hauptsache nach auf die Feststellung des Gehalts an Asche (Sand, Ton), der ätherischen Öle des Alkohol- und Ätherextraktes, der Rohfaser und Stärke, ausnahmsweise auch auf die Bestimmung des Wassergehalts, die wegen der Flüchtigkeit anderer Gewürzbestandteile höchst unsicher ist, sowie auf Bestimmungen des Piperins, des Senföles, der Bleizahl usw.

1. Asche und in Salzsäure unlösliches. 5 bis 10 g werden wie gewöhnlich verascht. Zur Bestimmung des die Salzsäure unlöslichen Teiles wird die Asche mit 10proz. Salzsäure eine Stunde stehen gelassen, der verbleibende Rückstand filtriert, die Asche gewogen.

2. Ätherisches Öl. Etwa 10 g Gewürz werden der Destillation in strömendem Wasserdampf unterworfen. Zweckmäßig läßt man das Gewürz durch mehrstündiges Stehen mit Wasser aufquellen. Das Destillat wird mit Kochsalz übersättigt, mit Äther ausgeschüttelt, der Äther an der Luft verdunstet. Das zurückbleibende Öl wird über Schwefelsäure bei 15^0 getrocknet.

3. Äther und Alkoholextrakt. Die direkte Bestimmung der in Äther oder Alkohol löslichen Anteile durch Wägung des nach dem Verdunsten des Lösungsmittels bleibenden Rückstandes ist zufolge der Flüchtigkeit der ätherischen Öle ungenau. Der Extrakt wird daher aus dem Gewichtsverlust der angewendeten Gewürzmenge berechnet.

4. Bestimmung der Rohfaser. Das sogenannte Weenderverfahren, abgeändert von Holdefleiß [2], ist ziemlich umständlich, an seiner Stelle ist das von König angegebene Glyzerinverfahren zu empfehlen [3].

5. Bestimmung der Stärke. Etwa 5 g feingemahlene Stärke werden eine halbe Stunde lang am Rückflußkühler gekocht, um die Stärke zu verkleistern; sodann auf etwa 65^0 abgekühlt, mit reiner, zuckerfreier Diastaselösung versetzt, 4—5 Stunden auf 65^0 erwärmt, sodann 25 ccm Bleiessig zugesetzt und das Ganze auf 250 ccm aufgefüllt. Nach einer Stunde werden 200 ccm abfiltriert, mit doppeltkohlensaurem Kali entbleit und wieder auf 250 ccm aufgefüllt. 200 ccm abfiltriert, mit Essigsäure neutralisiert, dann 20 ccm Salzsäure (1,124) zugegeben und $2^1/_2$ Stunden am Rückflußkühler im Wasserbade erhitzt. Durch dieses etwas umständliche Verfahren sind die Fehler, welche durch Gegenwart von Substanzen, die nicht Stärke sind, aber bei der Inversion Fehlingsche Lösung reduzierende Verbindungen liefern, ausgeschlossen [4].

Pfeffer. Piperinbestimmung. 10—20 g Pfeffer werden mit starkem Alkohol vollständig extrahiert; der Alkohol verdunstet, dem Rückstand, welcher Piperin und Harz enthält, wird dieses mit einer kalten Lösung von Alkalikarbonat entzogen, das ungelöst bleibende Piperin mit Alkohol aufgenommen, der Alkohol verdunstet, der Rückstand getrocknet und gewogen.

Bleizahl. Zum Zweck des sicheren Nachweises von Pfefferschalen kann nach W. Busse [5] die Feststellung der sogenannten Bleizahl, d. h. derjenigen Menge metallischen Bleies, in Gramm ausgedrückt, dienen, welche

durch die im Auszug aus 1 g wasserfreien Pfefferpulvers enthaltenen bleifällenden Substanzen gebunden wird.

Am zweckmäßigsten dient zur annähernden Feststellung des Schalengehaltes die Rohfaserbestimmung nach J. König (siehe oben).

Macis enthält 24 Proz. Fett, Schmelzpunkt 25—26°, Verseifungszahl 170—173, Jodzahl 77—80, ätherisches Öl 9—15 Proz.

Bombaymacis enthält ca. 50 Proz. Fett, Jodzahl 50—53, Verseifungszahl 189—191, ätherisches Öl 3—4 Proz. Der alkoholische Auszug des Pulvers der Muskatblüte färbt sich 1. mit Ammoniak versetzt rosa, bei Gegenwart des Bombaymacis dagegen tief orange bis gelbrot. 2. 1 ccm der alkoholischen Lösung wird mit der dreifachen Menge Wasser und hierauf mit 1 ccm einer 1 proz. Kaliumchromatlösung versetzt; es tritt beim Erhitzen zum Sieden bei Gegenwart reiner Macis eine hellgelbe Farbe, bei Gegenwart von Bombaymacis eine lebhaftere, bis ockerfarben oder sattbraun sich entwickelnde Veränderung der milchigen Flüssigkeit ein. 3. Werden mit Macisauszug getränkte und getrocknete Papierstreifen in eine heiße gesättigte Barytlauge eingetaucht und sofort getrocknet, so färben sie sich bei Gegenwart von Bombaymacis ziegelrot, bei reiner Macis bräunlichgelb. Auf Kurkuma kann auf dem Papierstreifen mit Borsäure geprüft werden.

Safran. Prüfung auf Farbstoffe. Reiner Safran gibt mit konzentrierter Schwefelsäure Blaufärbung; für den Nachweis fremder Farbstoffe kann bei der großen Anzahl derselben ein besonderer Gang nicht angegeben werden. Für die Erkennung fremder Farbstoffe kann die Kapillaranalyse nach Goppelsröder [6] mit Vorteil angewandt werden. 5 g Safran werden mit 50 ccm Wasser in der Kälte 24 Stunden lang digeriert, mit wenig Alkali versetzt und dann neutralisiert. Hierbei scheidet das Crocetin, welches durch das Alkali aus dem Safranfarbstoff abgespalten wurde, aus. Die nur mehr schwach gefärbte Lösung kann sodann der Kapillaranalyse unterstellt werden.

Literatur:

1) Ber. IV, Vers. freie Ver. d. Nahrungsmittel-Chem. 1905; Z. U. N. 1905, **10**.
2) Landw. Jahrb. Suppl.-Heft 103.
3) Z. U. N. 1898, **1**, 3.
4) Zeitschr. angew. Chem. 1893, S. 455.
5) Arb. d. Kais. Gesundh.-Amt 1894, **9**, 509.
6) Über Kapillaranalyse, Wien 1889. Siehe auch Bericht Vers. bayr. Vert. angew. Chem. 1891 u. 1894.

Kaffee und Kaffeesurrogate. [1]

Die von der Fruchtschale und zum Teil von der Samenschale befreiten Samen der zweifächrigen Steinfrucht von Coffea arab., Coffea liberica, die fast nur aus Endosperm bestehen, sind die Kaffeebohnen des Handels. Bohnen aus einsamigen Kaffeefrüchten sind nicht abgeplattet, sondern beiderseits gerundet. Die Bohne besteht aus der Silberhaut (Gewebe der inneren Schicht der Samenhaut), dem Endosperm und dem Keim. Fruchtschale und Samengehäuse finden als Sakka- oder Sultankaffee Verwendung.

Der Same wird entweder nach dem Trocknen der Frucht vom Fruchtfleisch und der hornigen Hülle getrennt, oder das Fruchtfleisch wird noch frisch entfernt, die Samen einer kurzen Gärung unterworfen, gewaschen, getrocknet und durch Absieben von den Samenschalen gesondert.

Die Handelsmarken werden nach den Ursprungsländern unterschieden und bezeichnet.

Zusammensetzung.

Die rohe Kaffeebohne enthält neben den je nach dem Reifezustand usw. wechselnden Wassergehalt (9—18 Proz.), Rohfaser, Proteine, stickstofffreie Extraktstoffe, darunter 5—9 Proz. Rohrzucker und als wichtigsten Bestandteil 1—1,5 Proz., Koffein $[C_5H(CH_3)_3N_4O_2]$, ferner in kleinen Mengen ein zweites Alkaloid (Koffearin) und die als Glykosid vorhandene Kaffeegerbsäure, die bei Gegenwart von Alkalien und Sauerstoff in Viridinsäure (grüngefärbte Salze) übergeht. Das Koffein ist an die Gerbsäure gebunden.

Das Fett, 8—12 Proz., enthält freie Ölsäure, es besteht der Hauptsache nach aus dem Glyzerinester der Ölsäure, Stearin- und Palmitinsäure. Die Asche, 4 Proz., unterscheidet sich durch ihren geringen Gehalt an Natrium und Chlor (Kieselsäure fehlt meistens vollständig) von den Aschen der Surrogate.

Roher Kaffee wird vielfach zur Verdeckung von Schäden und Vortäuschung einer besseren Beschaffenheit gefärbt. Zur Gelbfärbung dienen: Bleichromat, Mennige, Ocker, zur Grünfärbung: Graphit, Kohle, Talk, Indigo, Berlinerblau, Smalte usw. Demselben Zweck dient das Polieren mit Sägmehl, wobei feine Holzteilchen in der Furche der Bohne haften bleiben und derselben ein besseres Ansehen verleihen.

Rösten.

Durch das Rösten wird der Kaffee erst zum Genußmittel. Der Zucker wird karamelisiert, verschwindet auch ganz; Fett, Kaffeegerbsäure und Rohfaser werden zersetzt und zum Teil in aromatische Röstprodukte umgewandelt, Koffein teilweise verflüchtigt. Die Zusammensetzung des beim Rösten gebildeten Aromastoffes ist nicht bekannt, das Kaffeeöl enthält Furfurolalkohol. Die Menge der wasserlöslichen Stoffe scheint bei richtig geleitetem Röstprozeß zuzunehmen; sie beträgt 25—33 Proz. Der Gesamtröstverlust wechselt nach Röstdauer und Rösttemperatur (normal 200 ^{0}) und liegt zwischen 14 und 30 Proz. Mittlere Zusammensetzung von rohen und geröstetem Kaffee auf Grund zahlreicher Analysen:

Proz.	Wasser	Protein-stoffe	Koffein	Fett und Öl, Äther extr.	Rohr-zucker	Gerb-säure	N-freier Extrakt	Roh-faser	Asche
Roh . . .	11,5	12,05	1,31	12,50	8,5	6,5	18,35	26,50	4,1
Geröstet . .	1,75	13,95	1,28	14,10	1,25	4,75	32,80	26,65	4,75

Verfälschungen des gebrannten Kaffees.

Ganze Bohnen werden mit künstlichen Kaffeebohnen aus Ton, Mehl, gespaltenen, gerösteten Erdnüssen, gebranntem Mais, Lupinen usw. verfälscht. Außerdem aufgefärbt und mit verschiedenen Stoffen umhüllt, glasiert (nicht jede Glasur ist Verfälschung); mit Wasser beschwert, mit Fett oder Vaselin überzogen, um ein glänzendes, vielgeschätztes Aussehen zu erzeugen. Gemahlener Kaffee ist denselben Verfälschungen ausgesetzt, außerdem aber seiner Pulverbeschaffenheit wegen für Zusätze von Mineralstoffen, Surrogaten usw. geeigneter.

Kaffeeersatzstoffe. Surrogate.

Als Rohstoffe zur Herstellung der Kaffeesurrogate werden nur kohlehydrat- und fettreiche Materialien benützt, die durch das Rösten karamelisiert

werden und mit Wasser ein dem Kaffee ähnliches Getränke liefern. Als solche sind zu nennen: gebrannter Zucker (Stärkezucker), gebrannte, zuckerhaltige Wurzeln (Zichorie, Löwenzahn und Rüben), zuckerreiche Früchte (Feigen, Datteln, Johannisbrot), mehlhaltige Früchte (Gerste, Roggen, Malz), Leguminosen und endlich Erdnüsse, Dattelkerne usw. Verfälschungen kommen bei diesen Produkten nur insofern vor, als bessere Sorten durch geringere ersetzt oder Beschwerungsmittel (Wasser, Mineralsubstanzen) angewendet werden.

Untersuchung.

Ganze Kaffeebohnen werden zunächst einer makroskopischen Prüfung (Fehlen der Furche, Reste der Samenhaut), dann einer chemischen und mikroskopischen Prüfung auf Färbung unterzogen. Der Farbstoff findet sich im Zellgewebe der Oberfläche der Bohnen eingelagert und ist auch bei gebranntem Kaffee nach Aufhellung der Schnitte noch zu erkennen. Um für die chemische Untersuchung Material, möglichst frei von Bohnensubstanz, zu gewinnen, benützt man den kleinen Schüttelapparat von Raumer [2], der aus einem starkwandigen Reagierzylinder besteht, in welchem ein mit der Reibfläche nach innen gewendetes, röhrenförmiges Reibeisenblech sich befindet.

Gebrannter Kaffee ist sodann auf Überzugsmittel zu untersuchen. Fette, Paraffin und Vaselin sind mit Petroläther zu entziehen und der Rückstand der Ätherlösung weiter zu prüfen [3]. (Verseifungszahl, Refraktion.) Zum Nachweis von Harzen werden die mit Petroläther abgewaschenen Bohnen mit absolutem Alkohol gekocht, die Lösung filtriert, verdunstet. Ist Schellack vorhanden, so entwickelt der Rückstand beim Erhitzen den bekannten Schellackgeruch.

Dextrin. Die mit heißem Alkohol behandelten Bohnen werden mit warmem Wasser abgewaschen, die Lösung nach Inversion mit Säure auf Zucker geprüft; Glyzerin ist in einem frisch bereiteten Wasserauszug der Bohnen nachzuweisen.

Bestimmung der abwaschbaren Bestandteile. Die verschiedenen zu diesem Zwecke vorgeschlagenen Methoden zeigen unter sich wenig Übereinstimmung, ihre Resultate sind ungenau; um einigermaßen vergleichbare Resultate zu erhalten, empfiehlt es sich, nur ein Verfahren einzuhalten, als welches das von Hilger und Röttger angegebene vorgeschlagen wird [4]:

„20 g unverletzte Kaffeebohnen werden am besten in einem Erlenmayerkolben dreimal mit je 50 ccm Weingeist von 50 Volumprozenten ausgezogen, und zwar in der Weise, daß nach Übergießen der Bohnen mit Spiritus sofort eine Minute geschüttelt wird, die Bohnen alsdann mit dem Spiritus $^1/_2$ Stunde in Berührung bleiben, die vollkommen klar filtrierten Auszüge werden vereinigt auf das Volumen von 250 ccm gebracht. In je 50 ccm dieses Auszuges werden, wie bei der Untersuchung des Weines, Extrakt und Asche bestimmt, welche letztere in Abzug gebracht wird. Ein Teil dieses alkoholischen Auszuges kann auch zur Zuckerbestimmung Verwendung finden."

Prüfung auf Zichorie und Karamel. Als Vorprüfung auf diese beiden Stoffe ist bei gemahlenem Kaffee die Schwimmprobe zu empfehlen, die darin besteht, daß das zu untersuchende Pulver vorsichtig auf Wasser

aufgestreut wird. Bildung dunkelfarbiger Streifen deutet auf das Vorhandensein dieser Stoffe hin.

Weitere Prüfungen, wenn nötig, haben sich zu erstrecken:

1. auf die Bestimmung des Wasser- und Aschengehaltes (Chlor, Kieselsäure), sowie des in 10prozentiger Salzsäure unlöslichen Aschenanteiles;

2. die Bestimmung des Fettes durch Extraktion der getrockneten Bohnen mit Petroläther [5];

3. Stickstoff nach Kjeldahl;

4. Zucker. Die entfettete Substanz wird mit Alkohol extrahiert, die alkoholische Lösung verdampft, der Rückstand mit Wasser aufgenommen und entfärbt usw. Zuckerbestimmung vor und nach Inversion;

5. Rohfaser wie bei Gewürzen;

6. Extraktausbeute, wässeriges Extrakt. Nach H. Trillich [6] werden 10 g Substanz mit 200 ccm Wasser samt Becherglas tariert, 5 Minuten aufgekocht, nach dem Erkalten auf das ursprüngliche Gewicht aufgefüllt und in 25—50 ccm des Filtrates der Extrakt direkt bestimmt (Trockendauer Wasserschrank 3 Stunden). Nach Kornauth [7] und Krauß [8] ist die direkte Bestimmung ungenau, sie ermitteln daher den Gewichtsverlust des Pulvers bei Extraktion mit heißem Wasser.

Kornauth verwendet 3 g, Krauß 30 g. Der unlösliche Rückstand wird in beiden Fallen auf gewogenen Filtern gesammelt, getrocknet und gewogen.

Koffein. Von den vielen zur Bestimmung des Koffeins vorgeschlagenen Methoden wurden in die Vereinbarungen aufgenommen die Verfahren von:

a) Hilger, Juckenack [9]. 20 g feingemahlener Kaffee werden mit 900 ccm Wasser bei gewöhnlicher Temperatur einige Stunden aufgeweicht und dann unter Ersatz des verdampfenden Wassers vollständig ausgekocht, wozu bei Rohkaffee 3 Stunden, bei geröstetem Kaffee $1^1/_2$ Stunden nötig sind. Weiteres wie bei Tee.

b) Forster; Riechelmann wie bei Tee.

Beurteilung.

I. Ungebrannter Kaffee.

1. Der Wassergehalt unbeschädigten Rohkaffees beträgt etwa 9—13 Proz. Eine genaue Grenze für den Wassergehalt des Rohkaffees kann jedoch nicht festgesetzt werden.

2. Havarierter Kaffee ist stets minderwertig, aber bisweilen noch marktfähig. Eine Deklaration des havarierten Kaffees als solchen ist erforderlich. Außer durch Havarie kann Kaffee auch durch eine unzweckmäßige Art der Ernte und der Erntebereitung, durch Schimmeln, Faulen, Annahme fremdartiger Gerüche usw. verdorben werden. Der Grad des Verdorbenseins ist von Fall zu Fall zu beurteilen.

3. Die künstliche Färbung des natürlichen Kaffees mit gesundheitsschädlichen Farben ist selbstverständlich unzulässig; aber auch die Färbung des Kaffees zur Verdeckung von Schäden, z. B. bei havariertem Kaffee, oder zur Vortäuschung einer besseren Sorte ist gleichfalls auf Grund des Gesetzes vom 14. Mai 1879 zu beanstanden.

4. Das Glätten und Polieren ist als zulässig zu erachten; jedoch ist eine Behandlung, durch welche fremdartige Stoffe, z. B. Sägemehl, in dauernder

Berührung mit dem Kaffee verbleiben, oder wodurch der Schein einer besseren Beschaffenheit zum Zwecke der Täuschung erweckt werden soll, nicht statthaft.

5. Das Waschen des Kaffees, sofern dabei eine Auslaugung oder Beschwerung desselben erfolgt, das Quellen des Kaffees, welches eine Vermehrung des Gewichtes und Volumens bedingt und wodurch der Anschein einer besseren Beschaffenheit erweckt wird; ferner die künstliche Fermentation, die ihrem Wesen nach kein Gärungsvorgang ist, sondern aus dem Quellen und Färben des Kaffees, sei es durch Zusatz von Farbe (Fabrikmenada), sei es durch Anrösten (appretierter Kaffee) besteht, sind zu verwerfen.

II. Gerösteter Kaffee.

1. Der Zusatz von künstlichen Kaffeebohnen, gebranntem Mais, sogenanntem afrikanischen Nußbohnenkaffee (gerösteten, gespaltenen Erdnüssen) und Lupinensamen zu ganzbohnigem geröstetem Kaffee ist als Verfälschung anzusehen. Ebenso ist der Verkauf von ausgezogenen Kaffeebohnen zu beurteilen.

Überrösteter oder verbrannter Kaffee ist als minderwertig zu bezeichnen. Verschimmelter Kaffee gilt als verdorben.

2. Ein ohne Zusatz von Zucker gerösteter Kaffee soll eine hellbraune bis kastanienbraune Farbe besitzen, gleichmäßig durchgeröstet sein und angenehm aromatisch riechen. Der geröstete Kaffee ist ein Erzeugnis, dessen Veredelung indes auf verschiedene Weise, z. B. durch Änderung des Röstverfahrens oder durch geeignete Behandlung mit Mitteln zur Haltbarmachung nicht ausgeschlossen ist. Ehe aber derartig veredelter Kaffee im Handel als zulässig erachtet werden kann, muß nachgewiesen sein, daß der Zweck der Veredelung erreicht ist und daß dadurch Nachteile in anderer Beziehung für die Verbraucher dieser Erzeugnisse nicht entstehen.

Das Färben des gerösteten Kaffees, soweit dieses Färben nicht durch zulässige Mittel zur Haltbarmachung herbeigeführt wird, sowie ein Kandieren des Kaffees, welches nur zu dem Zwecke erfolgt, um eine unzureichende Röstung zu verdecken, sind zu beanstanden.

3. Das Glasieren des Kaffees mit: Rübenzucker, Stärkezucker, den reinen Sorten des Stärkesirups (Kapillärsirup), reinem Dextrin, Stärke und Gummi ist als zulässig zu erachten; ebenso die Verwendung von Auszügen aus Feigen, Datteln und anderen zuckerhaltigen Früchten. Die Verwendung aller dieser Aufbesserungsmittel ist aber zu deklarieren.

Die Verwendung von Melassesirup zum Glasieren des Kaffees erscheint nicht statthaft.

In gleicher Weise ist das Überziehen des Kaffees mit Eiweiß und Gelatine, sowie der Zusatz von Auszügen von Kaffeefruchtfleisch und von Kakaoschalen unter der Voraussetzung der Deklaration als zulässig zu erachten.

Der Zusatz von verdichteten Rösterzeugnissen des Kaffees ist nur dann zu beanstanden, wenn dem Kaffee dadurch schlecht riechende und schlecht schmeckende Bestandteile zugeführt werden.

Die Verwendung von Harzglasur zum Überziehen des Kaffees ist nicht zu beanstanden; jedoch sollen nur feine Harze (Schellack usw.) dazu benutzt werden. Auch ist eine Deklaration dieses Zusatzes unerläßlich.

Ein Zusatz tierischer oder pflanzlicher Fette ist jedenfalls nur

bei einer Deklaration und nach Lage des einzelnen Falles nicht zu beanstanden.

Der Zusatz von Mineralölen, von Glyzerin und von Tannin ist zu verwerfen.

4. Der nach den zulässig erachteten Verfahren überzogene Kaffee soll nicht mehr als 4 Proz. eines nach dem Verfahren von Hilger abwaschbaren Überzuges enthalten.

5. Eine große Anzahl der im Handel vorkommenden Ersatzstoffe des Kaffees enthält mehr durch Wasser ausziehbare Stoffe als der gebrannte, gemahlene Kaffee. Letzterer enthält, auf wasserfreie Substanz berechnet, durchschnittlich 27 (25—33) Proz. an löslichem Extrakt, Zichorienkaffee 70 Proz., Feigenkaffee 70—80 Proz., Getreidekaffee stets über 30 Proz.

6. Eine absichtliche Erhöhung des Wassergehaltes, sei es mit oder ohne Zusatz von Borax, ist zu verwerfen.

Als zulässig ist jedoch zu erachten: das Anfeuchten der Bohnen vor dem Rösten zum Zwecke einer gleichmäßigen Röstung, sowie das Waschen des Kaffees vor dem Rösten zwecks Reinigung der Bohnen, sofern hiermit eine Auslaugung des Kaffees nicht verbunden ist.

Das Behandeln des Kaffees vor dem Rösten mit Soda- oder Pottaschelösung oder mit Kalkwasser ist zu beanstanden.

7. Der Gehalt an Mineralbestandteilen beträgt bei den Kaffeesorten 4—5 Proz. (selten über 5 Proz.). Besonders eigentümlich ist der geringe Gehalt der Kaffeeasche an Chlor und Kieselsäure gegenüber dem bedeutenden Gehalte hiervon bei den Getreide-, Feigen- und Zichorien-Zubereitungen.

8. Das Vermischen des gemahlenen Kaffees mit Kaffeesatz, gemahlenen Kaffeeersatzstoffen und mineralischen Stoffen (Erde, Sand, Ocker, Schwerspat usw.) ist als Verfälschung anzusehen.

9. Der Fettgehalt (Ätherauszug) des Kaffees beträgt 10—13 Proz., der der Ersatzstoffe, mit Ausnahme der von Ölsamen, 1—3 Proz.

10. Der gebrannte Kaffee enthält höchstens 2 Proz. Zucker (Fehlingsche Lösung reduzierende Stoffe), die Ersatzstoffe enthalten 30—50 Proz., Zichorie bis zu 30 Proz. Zucker.

11. Der Gehalt der in Zucker überführbaren Stoffe beträgt beim Kaffee etwa 20 Proz., während bei den Ersatzstoffen, die häufig im Handel vorkommen, derselbe bis etwa 80 Proz. ausmachen kann.

12. Mischungen von gemahlenem Kaffee mit Ersatzstoffen sind als Kaffeeersatzstoffe zu behandeln und zu beurteilen.

Beurteilung von Kaffeeersatzstoffen.

1. Kaffeeersatzstoffe sind unter einer ihrer wirklichen Beschaffenheit entsprechenden Bezeichnung in den Handel zu bringen. Mischungen von Kaffee mit Kaffeeersatzstoffen sind als „Kaffeeersatzmischungen" zu bezeichnen. Als „Kaffeemischung" soll nur eine Mischung von mehreren Sorten echten Kaffees bezeichnet werden. In Verbindung mit Stoffnamen ist die Bezeichnung „Kaffee" auch für Ersatzstoffe zulässig, z. B. „Malzkaffee". Wenn solche Stoffnamen gewählt werden, so sollen sie dem Wesen des bezeichneten Ersatzstoffes entsprechen. Bei Ersatzstoffmischungen soll der Name von dem Hauptbestandteil genommen werden.

2. Kaffeeersatzstoffe sind verdorben, wenn sie mit Schimmelpilzen durchsetzt oder versäuert, verbrannt oder aus verdorbenen Rohstoffen hergestellt sind.

3. Bezüglich des Wassergehaltes können bestimmte Grenzzahlen nicht aufgestellt werden. Trockene Kaffeeersatzstoffe können bis 12 Proz., angefeuchtete bis 25 Proz. Wasser und mehr enthalten.

4. Der Aschengehalt beträgt bei Kaffeeersatzstoffen aus Wurzeln bis 8 Proz., aus Früchten bis 4 Proz. (aus Feigen bis 7 Proz.); der Sandgehalt bei Kaffeeersatzstoffen aus Wurzeln bis $2^1/_2$ Proz., aus Früchten bis 1 Proz. Zusätze wertloser Stoffe, wie Diffusionsschnitzel, Torf, Lohe, Erde, Sand. Ocker, Schwerspat und dergleichen, sind zu verwerfen und als Verfälschungen zu betrachten.

5. Desgleichen ist der Zusatz von Mineralölen und Glyzerin zu verwerfen. Dahingegen ist der Zusatz von Pflanzenölen, gerbsäurehaltigen Pflanzenstoffen oder Auszügen aus ihnen, von Kochsalz und von Alkalikarbonaten in kleinen Mengen sowie von koffeinhaltigen Pflanzenstoffen oder Auszügen aus ihnen nicht zu beanstanden, sofern durch diese letzteren Zusätze nicht echter Kaffee vorgetäuscht werden soll.

Literatur:

1) Vereinb. f. d. Deutsche Reich. Heft 3. Berlin, Jul. Springer, 1902.
2) Forschungsber. 1896, **3**, 333.
3) Späth, Forschungsber. 1895, **2**, 223.
4) Vereinb. f. d. Deutsche Reich. Heft 3, S. 29, Berlin 1902, J. Springer.
5) Späth, Forschungsber. 1895, **2**, 223.
6) Forschungsber. 1894, **1**, 413.
7) Ebenda, 17.
8) Berliner Ber. 1878, **11**, 277.
9) Forschungsber. 1897, **4**, 49 und 145.

Tee.

Besteht aus den getrockneten Blattknospen und Blättern des Teestrauches Thea chinensis und seiner verschiedenen Spielarten. Java, Ceylon und Indien kultivieren die groß und dünnblätterige Varietät Thea chinensis-Var. assamica, China und Japan die klein- und dickblätterige Abart des Teestrauches. Die Blätter des indischen und Ceylon-Tee, erreichen eine Länge von 10—14 cm und eine Breite von 4 cm, chinesischer Tee hingegen 4—5 cm Länge und 2—3 cm Breite. Die Blattknospe heißt Pecco, sie besitzt silberglänzende Behaarung (Peh-han = Milchhaar). Man unterscheidet im Handel grünen, schwarzen und gelben Tee.

Der grüne Tee, wozu auch der gelbe und der Blumentee gehört, wird in der Weise hergestellt, daß die Blätter sofort nach dem Pflücken und Welken gerollt, an der Sonne getrocknet und schließlich in Pfannen über Feuer schwach geröstet werden, wobei das Chlorophyll nicht zerstört wird; der gelbe Tee wird im Schatten getrocknet (China und Japan).

Der schwarze Tee unterscheidet sich von dem grünen durch die Herstellungsweise; die gepflückten Blätter bleiben zwei Tage lang zum Welken liegen, worauf sie gerollt und in zwei Zoll dicker Schicht aufgehäuft werden. Je nach der Temperatur des Raumes tritt nun ein innerhalb 1—3 Stunden verlaufender eigentümlicher Gärungsvorgang, eine Enzymwirkung, ohne

Organismen ein [1], welcher die Umwandlung der rohen Teeblätter zum schwarzen Tee unter wesentlicher Verminderung des Gerbstoffgehaltes bewirkt.

Nach vollendeter Gärung wird der Tee getrocknet usw. (China, Japan, Ceylon). Die Güte der Teesorten hängt von der Jugend der Blätter ab, die Bezeichnungen der Sorten sind dementsprechend und bedeuten weder Orts- noch Lagenamen. Blattknospen und das erste Blatt bilden die feinsten Teesorten, die späteren Blätter die geringeren. Der sogenannte „Ziegeltee" wird aus Absiebsel, Teestaub, Bruchstücken von Zweigspitzen und Blättern, die in ziegelartige Formen gepreßt werden, hergestellt.

Über die Sortenbezeichnung siehe Vereinbarungen für das Deutsche Reich, Heft 3, S. 47.

Bestandteile.

Die Teeblätter enthalten außer Wasser Koffein (Tein), Theophyllin (Dimethylxanthin) $C_7H_8N_4O_2$, eine dem Theobromin isomere Base, Spuren von Xanthin, Proteinstoffe, ätherisches Öl (Teeöl, in frischen Blättern nicht vorhanden), Fett, Chlorophyll, Wachs, Gummi, Dextrine, Gerbsäuren, Rohfaser, stickstofffreie organische Stoffe und Mineralbestandteile. Koffein- und Proteinstoffe nehmen mit zunehmendem Wachstum ab, Tannin und Rohfaser zu.

Die Stickstoffsubstanz besteht zum größten Teil aus:

Proteinstoffe	70—80 Proz.
Koffein	16—18 „
Amidoverbindungen etwa	3—4 „

Die bis jetzt beobachteten Schwankungen in der Zusammensetzung der Teeblätter betragen für:

Wasser	4—16 Proz.
Koffein	0,9—4,5 „
Fett, Chlorophyll, Wachs	1,3—15,5 „
Gerbstoff	8—26 „
Asche	3,8—8,4 „
Stickstoff	2,5—6 „
Ätherisches Öl	0,5—1 „
Gummi, Dextrine	0,5—10,0 „
Rohfaser	9,9—15,7 „
Wasserlösliche Bestandteile	24—40 „

Hierzu ist zu bemerken, daß die für Koffein, Gerbstoff und wasserlöslichen Bestandteile angegebenen Werte etwas unsicher sind, da die Verfahren, nach welchen diese Zahlen erhalten wurden, nicht immer vergleichbare Resultate ergeben. Die Zusammensetzung der Asche ist nach J. König im Mittel von 12 Analysen in Prozenten:

34,3	K_2O	0,7	Mn_2O_3
10,2	Na_2O	14,9	P_2O_5
14,8	CaO	7,0	SO_3
5,0	MgO	5,0	SiO_2
5,5	Fe_2O_3	1,8	Cl,

wovon die Hälfte in Wasser löslich ist.

Das Koffein (Tein), an Gerbsäure gebunden, ist in heißem Wasser löslich, schwer löslich in kaltem Wasser, es kristallisiert aus Wasser in langen seidenglänzenden weißen Nadeln, seine Menge gibt keinen Maßstab für die Güte des Tees. Das ätherische Öl, der Träger des Teearomas, ist im grünen Blatt nicht vorhanden, sondern entwickelt sich erst während der Bereitung; seine Menge beträgt etwa 1 Proz. im grünen Tee, 0,6 Proz. im schwarzen Tee.

Zufällige Beimengungen und beobachtete Verfälschungen.

Der Tee von Ceylon und Java, der chinesische gelbe Tee und Blumentee werden ohne Zusätze in den Handel gebracht. Der schwarze Tee soll einen Zusatz von duftenden Blumen erhalten, die später wieder entfernt werden. Dem grünen Tee werden häufig Blüten von Osmanthus und Fragrans und Aglaia odorata beigegeben, doch nicht damit vermischt, auch Rosenblätter, riechende Samen des Sternanis sowie junge Blätter von Viburnum phlebotrichum werden verwendet.

1. Verfälschungen mit fremden Blättern. Tatsächliche Verfälschungen scheinen in China durch Zusatz von Weidenblättern (Salix alba und Pentandra) sowie von wildem Tee ausgeführt zu werden. Außerdem finden Blätter einer Kamelie und einer noch nicht bekannten Pflanze, die unter dem Namen Imperialtee, Peoltee- oder Canonteepulver ausgeführt werden, Verwendung. Alle diese sind koffeinfrei. In russischen Teesorten wurden Blätter von Epilobium angustifolium, Spiraea ulmaria, Ulmus campestris, Rosa canina, Sambucus nigra, vermengt mit ausgekochten Blättern des echten Tees, beobachtet. Der koporische Tee besteht der Hauptsache nach aus den Blättern von Epilobium und Spiraea, wie aus dem Laub von Sorbus aucubaria, die getrockneten Blätter werden mit Wasser aufgeweicht, mit Humus durchgerieben, getrocknet, mit schwacher Zuckerlösung besprengt, abermals getrocknet und etwas parfümiert. Das hervorragendste Fälschungsmittel für Tee sind die ausgekochten Teeblätter, deren Auffärbung und Herrichtung bereits Gegenstand der Hausindustrie geworden ist. Der böhmisch-kroatische Tee besteht aus den Blättern von Lithospermium officinale; außerdem aus Blättern von Vaccinium arctostafylos ebenso wie der kaukasische Tee, der Batumtee, welchen aber noch erschöpfte Teeblätter beigemengt sind. Der bourbonische Tee, Faam-Tee genannt, enthält die Blätter einer vanilleähnlichen schmarotzenden Orchidee von Madagaskar und Maskarenen.

2. Zusatz von gebrauchtem aufgefärbten Tee. Als Farbstoffe werden verwendet: Berlinerblau, Chromgelb, Indigo, Kurkuma, Graphit usw.

3. Beschwerungen mit Ton usw.

Untersuchung.

Die Untersuchung hat sich zunächst zu erstrecken auf die Feststellung der Herkunft der Blätter, auf den Nachweis künstlicher Färbung und Nachweis bereits extrahierter Ware. Wassergehalt, Mineralstoffgehalt, Bestimmung des Gerbstoffes und Teins kommen in zweiter Linie.

1. Wassergehalt durch Trocknen bei 100 g.
2. Asche. Bestimmung des in Wasser löslichen Anteils.
3. Bestimmung des wässerigen Extraktes (siehe Krauch, Kaffee).

Der Nachweis extrahierter Ware nach Tichomirow [2], nach welchem

extrahierter Tee keine Farbenveränderung einer gesättigten Kupferazetatlösung hervorruft, ist unsicher; ebensowenig kann aus der Bestimmung des wässerigen Extraktes ein sicherer Schluß auf extrahierte Ware gezogen werden. Weitaus besserer Nachweis kann durch das Verfahren von Nestler [3] erbracht werden, welches auf dem direkten Nachweis von Tein durch Sublimation beruht.

Bestimmung des Koffeins. a) Verfahren von Hilger und Juckenack [4]. 20 g fein zerriebener Tee werden mit 900 g Wasser bei Zimmertemperatur in einem gewogenen Becherglase einige Stunden aufgeweicht und dann unter Ersatz des verdampfenden Wassers vollständig ausgekocht, wozu $1^1/_2$ Stunden erforderlich sind. Man läßt dann auf 60—80° erkalten, setzt 75 g einer Lösung von basischem Aluminiumazetat (7,5—8proz.) und während des Umrührens allmählich 1,9 g Natriumbikarbonat zu, kocht nochmals etwa 5 Minuten auf und bringt das Gesamtgewicht nach dem Erkalten auf 1020 g. Nun wird filtriert, 750 g des völlig klaren Filtrates, entsprechend 15 g Substanz, werden mit 10 g gefälltem, gepulvertem Aluminiumhydroxyd und mit etwas mittels Wassers zum Brei angeschütteltem Filtrierpapier unter zeitweiligem Umrühren im Wasserbade eingedampft, der Rückstand im Wassertrockenschrank völlig ausgetrocknet und im Soxhletschen Extraktionsapparat 8—10 Stunden mit reinem Tetrachlorkohlenstoff ausgezogen. Als Siedegefäß dient zweckmäßig ein Schottscher Rundkolben von etwa 250 ccm, der auf freiem Feuer über einer Asbestplatte erhitzt wird. Der Tetrachlorkohlenstoff, der stets völlig farblos bleibt, wird schließlich abdestilliert, das zurückbleibende ganz weiße Koffein im Wassertrockenschrank getrocknet und gewogen. Die so erhaltenen Zahlen sind in der Regel ohne weiteres verwendbar, doch ist es sehr zu empfehlen, die Koffeinbestimmung immer durch die Stickstoffbestimmung zu kontrollieren (vgl. unter b).

b) Verfahren von Forster und Riechelmann [5]. 20 g Tee werden in gemahlenem Zustande viermal mit Wasser ausgekocht, auf 1000 ccm gebracht, filtriert und 600 ccm des Filtrates in einem Extraktionsapparat, der in der angegebenen Abhandlung abgebildet ist, in welchen man vorher etwas Chloroform gegeben hat, mit Natronlauge bis zur alkalischen Reaktion versetzt und 10 Stunden mit Chloroform ausgezogen.

Der Chloroformauszug wird in einem Kjeldahl-Kolben gebracht, das Lösungsmittel abdestilliert und die Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl ausgeführt. Aus dem Stickstoffgehalt wird durch Multiplikation mit 3,464 das Koffein (wasserfrei) berechnet. (Der nach diesem Verfahren bestimmte Koffeingehalt wird etwas zu hoch gefunden, da im Tee außer Koffein noch kleine Mengen von Theophyllin enthalten sind.

Nachweis von extrahiertem Tee. Ein kleines Blatteilchen von etwa 1 cm Länge wird zerrieben in Form eines kleinen Häufchens, auf die Mitte des Uhrglases gebracht, welches mit einem zweiten gleicher Größe bedeckt ist. Das Ganze bringt man auf ein Drahtnetz über die Flamme eines Mikrobrenners, deren Spitze 7 cm vom Uhrglas entfernt ist. Nach 10—15 Minuten beobachtet man im oberen Uhrglas ein Sublimat von kleinen Kristallnadeln, die auf Tein weiter zu prüfen sind.

Bestimmung des Gerbstoffes erfolgt am besten nach der bekannten Löwenthalschen Methode. Man extrahiere 10 g Tee mit Wasser und füllt auf ein 1 Liter auf. Auch die Methode von Eder [6], Ausfällung des Gerb-

stoffes durch Kupferazetatlösung, Filtrieren des Niederschlags und Überführen desselben in Kupferoxyd (1 g CuO — 1,3061 Tannin) kann der bequemeren Ausführung wegen angewendet werden.

Beurteilung.

Fremde pflanzliche Beimengungen dürfen in größerer Menge nicht vorhanden sein. Der Wassergehalt soll 8—12 Proz. betragen, der Aschengehalt 8 Proz. nicht überschreiten. 50 Proz. der Asche müssen wenigstens wasserlöslich sein. Die Menge der im Wasser löslichen Bestandteile der Teeblätter soll bei grünem Tee mindestens 29 Proz., schwarzem Tee 24 Proz. betragen. Der Koffeingehalt der Handelssorten sei 1 Proz.

Literatur:

1) Schulte im Hofe, „Tropenpflanzen" 1901, **2**; Nanninga, Ref., Z. U. N. 1902, 5, 474; Asö, ebenda, **1**, 1169.
2) Pharm. Z. f. Rußland 1890, **20**, 449.
3) Z. U. N 1901, **4**, 289; siehe auch Frank, ebenda, 1903, **6**, 880; Kley, ebenda, 1902, **5**, 84.
4) Forschungsber. u. Lebensmittel usw. 1897, **4**, 49 u. 151.
5) Zeitschr. öffentl. Chem. 1897, **3**, 129.
6) Zeitschr. anal. Chem. 1880, **19**, 106.

Kakao und Kakaopräparate [1].

Kakaobohnen sind die Samen des Kakaobaumes Theobroma cacao. Sie liegen in dem rötlichgelben eßbaren Fruchtmus der gurkenähnlichen, 11 bis 15 cm langen, 5—7 cm dicken Frucht zu etwa 40 eingebettet, sind im frischen Zustande weiß, getrocknet braun. Die vom Fruchtfleisch befreiten Samen werden entweder direkt an der Sonne getrocknet und liefern dann die bitter schmeckenden, ungerotteten Bohnen; werden sie aber vor dem Trocknen einige Tage in Haufen oder Bütten aufeinander geschichtet, wobei sie eine Art Gärung durchmachen, so erhält man die gerotteten, milden, aromatischen Bohnen.

Zu den wichtigsten Bestandteilen gehören: Theobromin, Koffein und Fett neben Protein, Stärke, Farbstoff und Asche. Das dem Koffein ähnliche Theobromin $C_5H_2(CH_3)_2N_4O_2$ ist in wechselnden Mengen, 0,8—1,6 Proz., vorhanden; es ist in kaltem Wasser, Benzol, Äther, Alkohol und Petroläther wenig löslich, leichter in Chloroform, kochendem Alkohol und Wasser, kristal-

Analysen nach H. Weigmann [3].

	Rohe ungeschälte Bohnen	Ungeschälte gebrannte Bohnen	Geschälte und gebrannte Bohnen	Verknetete Kakaobohnenmasse
Wasser	7,93 Proz.	6,79 Proz.	5,58 Proz.	4,16 Proz.
Stickstoffsubstanz (einschl. Theobromin)	14,19 „	14,13 „	14,13 „	13,97 „
Theobromin-Koffein	1,49 „	1,58 „	1,55 „	1,56 „
Fett	45,57 „	46,19 „	50,09 „	53,03 „
Stärke	5,85 „	6,06 „	8,77 „	9,02 „
Sonstige stickstofffreie Extraktstoffe	17,07 „	18,07 „	13,91 „	12,79 „
Rohfaser	4,78 „	4,63 „	3,93 „	3,40 „
Asche	4,61 „	3,87 „	3,45 „	3,46 „

lisiert in rhombischen Prismen. Nach Hilger [2] sind Farbstoff und Theobromin in den Bohnen in Form eines Glykosides vorhanden, das durch das Rösten in Glykose, Theobromin, Koffein und Kakaorot gespalten wird.

Der Fettgehalt der rohen, ungeschälten Bohnen schwankt zwischen 41 und 48 Proz., der der geschälten und gebrannten Bohnen zwischen 48 und 55 Proz., der Stärkegehalt zwischen 7 und 10 Proz.

Kakaomasse ist ein durch Erwärmen und Mahlen aus den gerösteten und enthülsten Bohnen hergestelltes und in Formen gebrachtes Erzeugnis.

Entölter Kakao, Kakaopulver, löslicher Kakao, aufgeschlossener Kakao sind fast gleichbedeutende Bezeichnungen für eine in Pulverform gebrachte Kakaomasse, nachdem dieser durch Auspressen bei gelinder Wärme ungefähr die Hälfte des Fettes entzogen und meist durch eine weitere Behandlung mit Alkali-, Ammonium- oder Magnesiumkarbonat oder starken Dampfdruck die sogenannte Aufschließung herbeigeführt wurde. Das Aufschließen bewirkt, daß das Kakaopulver bei der Bereitung des Getränkes mit heißem Wasser gewissermaßen eine Emulsion bildet.

Über die Entfettung des Kakaos bzw. darüber, wie weit eine solche, ohne seinen Genußwert zu mindern [4], getrieben werden darf, sind die Anschauungen der Nahrungsmittelchemiker zurzeit noch sehr geteilt.

Schokolade ist eine Mischung von Kakaomasse mit Rohr(Rüben)zucker und Gewürzen, manchmal auch Kakaofett. Schokoladenmehle sind Mischungen von Kakaopulver mit Zucker.

Milchschokolade ist unter Verwendung von Milch oder Rahm hergestellt [5].

Fondants und Kuvertüren (Überzugsmassen) sind Schokoladen mit hohem Fettgehalt.

Verfälschungen.

1. Beimengungen von Mehl oder Stärke allerart, übermäßiger Zusatz von Rohr(Rüben)zucker oder anderem Zucker.
2. Ersatz des Kakaofettes durch fremde Fette.
3. Zusatz von Kakaoschalen, Kakaokeimen, Mineralstoffen (Bolus, Ocker), Teerfarbstoffen.
4. Zusatz von Tragant, Gelatine, Dextrin.

Untersuchung. Kakaomasse, Kakaopulver ist zunächst mikroskopisch auf die Gegenwart fremder pflanzlicher Beimengungen (Stärke, Mehl), Kakaoschalen und sonstige fremde Gewebselemente (Kokosnüsse, Mandeln usw.) zu prüfen, Entfettung der Probe ist zu empfehlen. Der Nachweis der Kakaoschalen gelingt nur, wenn sie nicht zu fein vermahlen sind. Näheres ist in Spezialwerken nachzusehen.

Die chemische Untersuchung wird sich zunächst auf die Feststellung des Aschengehalts und ihrer Alkalität, auf die Prüfung des Fettes auf Reinheit und erst in zweiter Linie auf die Bestimmung des Fettgehaltes, die Bestimmung der Rohfaser und den Nachweis von Gelatine, Tragant und Dextrin erstrecken. Bestimmung des Theobromins und des Stickstoffgehalts werden nur in besonderen Fällen auszuführen sein.

1. Asche und Alkalität. 5 g werden in gewogener Platinschale zunächst verkohlt, die Kohle ausgelaugt usw. Die Alkalität wird in dem wasserlöslichen Anteil bestimmt, der unlösliche kann für sich gewogen werden.

2. Fett. 5—10 g der wasserfreien Probe werden mit Sand innig zerrieben, im Soxhlet 12 Stunden lang mit Äther extrahiert. Der Rückstand der Ätherlösung wird 1 Stunde im Wasserdampfschrank getrocknet. Prüfung auf Reinheit, Schmelzpunkt (32—34°), Jodzahl (34—38), Verseifungszahl (190—204), Refraktion (bei 40°: 46—47,8), Prüfung auf Sesamöl, Halphensche Reaktion (siehe Butter und Schmalz und amtliche Anweisung zur chemischen Untersuchung von Kakaowaren).

Sehr brauchbar sind die qualitativen Prüfungen von Filsinger [6] und Björklund [7].

Die Alkoholätherprobe von Filsinger. 2 g Fett werden in einem graduierten Röhrchen geschmolzen und mit 6 ccm einer Mischung von 4 Teilen Äther und 1 Teil Alkohol geschüttelt. Reines Kakaofett liefert eine, auch bei längerem Stehen klarbleibende Lösung.

Die Björklundsche Ätherprobe. 3 g Fett werden mit 6 ccm Äther in einem verschlossenen Rohr auf 18° erwärmt. Bei Gegenwart von Wachs ist die Lösung getrübt. Ist die Lösung klar, so stellt man das Röhrchen in Wasser von 0° und beobachtet die Zeit, nach welcher Trübung eintritt. Bei Gegenwart von Rindstalg ist dies bereits vor 10 Minuten der Fall, während reines Kakaofett erst nach 10—15 Minuten eine bei 18—20° wieder verschwindende Trübung gibt.

Bestimmung der Rohfaser nach König [8]. Je 3 g lufttrockene, d. h. 5 bis 14 Proz. Wasser enthaltende Substanz werden verlustlos in einen etwa 600 ccm fassenden trockenen Glaskolben aus Schottschem Glase — wie er für die Stickstoffbestimmungen nach Kjeldahl benutzt wird — eingefüllt, mit 200 ccm Glyzerin von 1,230 spez. Gew., welches 20 g konz. (englische) Schwefelsäure (H_2SO_4) auf 1 Liter enthält, versetzt, indem man etwa im Hals anhaftende Teilchen mit dem Glyzerin in den Kolben spült, der Kolben mit einem Rückflußkühler verbunden, der Inhalt bis zum Sieden erhitzt und von da an 1 Stunde genau im Sieden erhalten.

Wenn die Flüssigkeit 1 Stunde gekocht hat, so läßt man auf 80—90° erkalten, verdünnt alsdann unter langsamem Eingießen und anfänglichem Umschwenken mit 200—250 ccm kochend heißem Wasser und filtriert direkt aus dem Kolben durch ein Asbestfilter. Der unlösliche Rückstand spült sich ohne jede Schwierigkeit quantitativ leicht mit der glyzerinhaltigen Flüssigkeit bzw. mit dem Waschwasser aufs Filter. Kann man die Flüssigkeit nach dem Kochen nicht sofort filtrieren, so läßt man einfach stehen und erwärmt dieselbe unter Verdünnung mit 200—250 ccm Wasser vor der Filtration wieder auf 80—90°.

Als Filter wird zweckmäßig eine Asbestnutsche verwendet, die, um ein rasches Filtrieren zu erreichen, durch Wasserdampf geheizt werden kann (modifizierter Heißwassertrichter). Asbest und Rohfaser werden getrocknet, gewogen, geglüht bis der Asbest weiß gebrannt ist und wieder gewogen. Die Differenz der beiden Wägungen gleich Rohfaser.

Bestimmung der Stärke. 5—10 g der feingepulverten Probe, die durch Äther und verdünnten Alkohol von Fett und Zucker befreit wurde, werden in dem Soxhletschen Dampftopf 3—4 Stunden oder Lintnerschen Druckfläschchen etwa 8 Stunden bei 108—110° erhitzt, filtriert (Rückstand muß stärkefrei sein), dann mit Salzsäure (1, 125) durch 3stündiges Kochen am Rückflußkühler invertiert und in üblicher Weise nach Allihn die Glykose bestimmt. Glykose $\times$ 0,9 = Stärke.

Bestimmung des Zuckers. a) Gewichtsanalytisch. Aus der entfetteten Substanz wird mit Alkohol der Zucker extrahiert, der Alkohol verdampft und der Rückstand mit Wasser aufgenommen. Hat man den Rückstand gewogen, so kann man leicht die für die Zuckerbestimmung nötige Konzentration (1 Proz.) herstellen. Ein Teil der Lösung wird nun entfärbt, entbleit und nach der Zollinversionsmethode mit Salzsäure (5 ccm, d. 1,19) durch 5 Minuten langes Erwärmen bei 70° invertiert und der Invertzucker bestimmt.

b) Polarimetrische Bestimmung des Rohrzuckers. 13 g Schokolade (halbes Normalgewicht) werden mit Alkohol befeuchtet und sodann mit 30 ccm Wasser versetzt und 10—15 Minuten auf dem Wasserbade erwärmt, noch heiß filtriert und nachgewaschen, bis das Filtrat etwa 90 ccm beträgt, mit Bleiessig, Alaunlösung und feuchtem Tonerdehydrat entfärbt und auf 110 ccm aufgefüllt, filtriert und polarisiert. (Das Normalgewicht 26 g gilt nur für die Apparate von Soleil-Ventzke und den Halbschattenapparat von Schmidt und Hänsch). Der durch Vernachlässigung des Volumens der Kakaosubstanz und des Bleiniederschlags veranlaßte Fehler kann nach Woy [9] rechnerisch dadurch ausgeglichen werden, daß man die Bestimmung in zwei Verdünnungen ausführt.

Bestimmung des Theobromins und Koffeins. Diese Bestimmung erfolgt in der Regel nur dann, wenn auf Grund der vorhergehenden Prüfungen der Verdacht einer Fälschung gegeben oder wenn ein bestimmter Theobromingehalt ausbedungen ist. Die Bestimmung ist nach dem Verfahren von Hilger und Eminger [10] oder nach Beckurts und Fromme [11] auszuführen. Beide Methoden vernachlässigen das nur in geringer Menge vorhandene Koffein insofern, als dieses, mit dem Theobromin bestimmt, von diesem nicht getrennt wird.

Nachweis von Gelatine, Tragant und Dextrin. Zum Nachweis der Gelatine hat P. Onfroy [12] vorgeschlagen, 5 g Schokolade in 50 ccm kochendem Wasser zu verteilen und der Flüssigkeit 5 ccm einer 10proz. Bleizuckerlösung zuzusetzen. Das Filtrat gibt bei Anwesenheit von Gelatine mit Pikrinsäure einen gelben Niederschlag.

Tragant kann nach Welmans [13] in der entfetteten Substanz in der Weise nachgewiesen werden, daß diese mit verdünnter Schwefelsäure zu einem dicken Brei angerieben wird, dem man etwas Jodkaliumlösung und Glyzerin zusetzt und nun das Gemenge bei 160facher Vergrößerung untersucht. Da die Stärkekörner des Tragants zum Teil denen des Kakaos, zum Teil der Getreidestärke ähnlich sind, ist große Vorsicht geboten. Filsinger [14] läßt entfettete Substanz unter Wasser vollständig quellen, dekantiert dann mehrmals und untersucht den Bodensatz mit einer starken Lupe. Tragantteilchen erscheinen als farblose oder getrübte sagoähnliche Kügelchen.

Dextrin kann nachgewiesen werden durch Vermischen des wäßrigen Auszuges mit dem vierfachen Volumen 96proz. Alkohols oder durch Fällung der wäßrigen, ammoniakalisch gemachten Lösung mit Bleiessig. Aus der Differenz der Polarisationen vor und nach dem Zusatz von Ammoniak kann annähernd das Dextrin bestimmt werden, da die Handelsdextrine etwa das doppelte Drehungsvermögen des Zuckers besitzen.

Anhaltspunkte zur Beurteilung [15].

1. Kakaomasse darf keinerlei fremde pflanzliche Beimengungen (Stärke allerart, Mehle usw.), keine fremden Mineralstoffe und kein fremdes Fett enthalten. Die Reinigung von Kakaoschalen (Kakaostaub, Kakaokeimen) ist so weit zu treiben, als es nach dem Stande der Maschinentechnik möglich ist. Kakaomasse hinterläßt 3—5 Proz. Asche und enthält 52—56 Proz. Fett.

Vgl. P. Welmans, Ztschr. öffentl. Chem. 1903, **9**, 206; Z. U. N. 1904, **7**, 248; S. H. Davies u. B. G. Mc Lellan, Journ. Soc. Chem. Ind. 1904, **23**, 480; Z. U. N. 1905, **9**, 377.

2. Kakaopulver, entölter Kakao, löslicher Kakao, aufgeschlossener Kakao darf keinerlei fremde pflanzliche Beimengungen (Stärke allerart, Mehl usw.) und kein fremdes Fett enthalten, muß auch, soweit es maschinentechnisch möglich ist, von Kakaoschalen befreit sein.

Die Feststellung eines Mindestfettgehaltes ist erwünscht, bleibt aber vorbehalten.

Siehe A. Juckenack u. C. Griebel, Z. U. N. 1905, **10**, 41; F. Schmidt, Zeitschr. öffentl. Chem. 1905, **11**, 291; H. Matthes u. F. Müller, Z. U. N. 1906.

Bei nur gepulvertem Kakao und bei mit Ammonkarbonat behandeltem bzw. starkem Dampfdruck ausgesetzten Kakaopulver ist der Gehalt an Asche, je nachdem mehr oder weniger Fett entzogen wurde, größer oder kleiner; er muß auf Kakaomasse, mit 55 Proz. Fett umgerechnet, der gleiche sein wie bei Kakaomasse.

Das mit kohlensauren Alkalien (holländisches Verfahren) bzw. Magnesiumkarbonat aufgeschlossene Kakaopulver darf, auf Kakaomasse mit 55 Proz. Fett umgerechnet, nicht mehr als 8 Proz. Asche hinterlassen.

Der Gehalt an Wasser darf 6 Proz. nicht übersteigen.

Vgl. P. Welmans, l. c.; F. Filsinger, Zeitschr. öffentl. Chem. 1905, **11**, 8; Z. U. N. 1905, **10**, 698.

3. Schokoladen dürfen außer einem entsprechenden Zusatz von Gewürzen keinerlei fremde pflanzliche Beimengungen (Stärke allerart, Mehle usw.), kein fremdes Fett und keine fremden Mineralbestandteile enthalten und müssen, soweit es maschinentechnisch möglich ist, von Kakaoschalen befreit sein.

Die ohne Deklaration zu verkaufende Schokolade besteht aus 33,5 bis 50 Proz. Kakaomasse bzw. einer Mischung von Kakaomasse mit Fett und 66,5—50 Proz. Zucker, so daß in derselben Zucker und Fett nicht mehr als 85 Proz. betragen.

Schokoladen mit einem höheren Gehalt an Zucker als 66,5 Proz. sind als „stark gezuckerte" zu deklarieren, doch darf auch in diesen der Zuckergehalt 70 Proz. nicht übersteigen.

Vgl. Fr. David Söhne, Zeitschr. öffentl. Chem. 1904, **10**, 7; Z. U. N. 1905, **9**, 377.

Ein Zusatz von sogen. Fettsparern (Dextrin, Gelatine, Tragant usw.) zum Zwecke der Ersparung von Fett und Bindung größerer Wasser- und Zuckerzusätze ist als Verfälschung anzusehen.

Vgl. F. Filsinger, Zeitschr. öffentl. Chem. 1903, **9**, 6.

Schokoladen, welche Mehl enthalten, müssen mit einer diesen Zusatz anzeigenden, deutlich erkennbaren Bezeichnung versehen sein, doch darf

die Summe des Mehlzusatzes und des Zuckers nicht mehr als 70 Proz. betragen.

Der Gehalt an Asche darf 2,5 Proz. nicht übersteigen.

4. Schokoladenpulver ist gleichbedeutend mit gepulverter Schokolade und wie diese zu beurteilen.

5. Kuvertüre oder Überzugsmasse, ebenso Speise- und Dessertschokolade müssen den an Schokolade gestellten Anforderungen genügen dürfen aber Zusätze von Nüssen und Mandeln bis zu 5 Proz. enthalten.

6. Zusatz von Stoffen zu diätetischen oder medizinischen Zwecken zu Schokolade ist zulässig, doch darf die Summe dieses Zusatzes und des Zuckers nicht mehr als 70 Proz. ausmachen.

Für die Beurteilung von Milch- und Rahmschokolade sollen folgende, Gesichtspunkte gelten [16]:

1. Rahm-, Milch- und Magermilchschokolade sind unter Verwendung eines Zusatzes von Rahm (Sahne), Voll- bzw. Magermilch in natürlicher eingedickter oder trockener Form herzustellen und als Rahm- (Sahne-), Milch- bzw. Magermilchschokolade eindeutig zu bezeichnen.

2. Der Fettgehalt der Vollmilch soll mindestens 3 Proz., derjenige von Rahm mindestens 10 Proz. betragen. Wird Vollmilch- oder Rahmzusatz in eingedickter oder trockener Form gemacht, so muß die Zusammensetzung solcher Zusätze diesen Anforderungen entsprechen.

3. Milch- und Magermilchschokolade sollen mindestens 15 Proz., Rahmschokolade mindestens 20 Proz. Milch- bzw. Rahmtrockensubstanz enthalten.

4. Milch- oder Rahmbestandteile dürfen nur an Stelle von Zucker treten; der Gehalt an Kakaomasse muß demjenigen der Schokolade entsprechen, demnach mindestens 32 Proz. betragen.

Literatur:

1) Vereinb. f. d. Deutsche Reich. J. Springer, Berlin 1908, S. 68; H. Weigmann, ebenda S. 69.
2) Apoth.-Ztg. 1892, **7**, 1469.
3) J. König, 1904, **2**, 1112.
4) Juckenack u. Griebel, Z. U. N. 1905, **10**, 41.
5) E. Baier, Z. U. N. 1909, **18**, Heft 1 u. 2.
6) Pharm. Centralbl. 1878, **19**, 452.
7) Pharm. Z. f. Rußland 1864, S. 401.
8) Z. U. N. 1908, **1**, 3.
9) Z. öff. Chem. 1898, **4**, 224.
10) Hilger, Forsch.-Ber. 1894, **1**, 202.
11) Apoth.-Ztg. 1903, **18**, 593.
12) Ref. Z. U. N. 1899, **2**, 288.
13) Z. öff. Chem. 1900, **6**, 478.
14) Ebenda 1903, **9**, 9.
15) H. Bekurts, Z. U. N. 1906, **12**, 63. Vereinbarungen.
16) E. Baier u. P. Neumann, Z. U. N. 1909, **18**, 13.

Wein.

Das deutsche Weingesetz [1] bezeichnet als Wein das aus dem Safte der frischen Trauben durch alkoholische Gärung hergestellte Getränk; vergorene wäßrige Rosinenauszüge dagegen sind Kunstweine, deren Herstellung verboten ist; Trockenbeerauslese und Strohweine aber, die aus Trauben hergestellt werden, die über die Reife hinaus am Stocke belassen oder vor

der Kelterung einige Zeit gelagert wurden (Wasserverdunstung), werden durch diese Bestimmung nicht getroffen, da derart vorbereitete Trauben in Gegensatz zu den Rosinen noch als frisch zu betrachten sind.

Wein ist ferner noch der vergorene Traubensaft, der eine den gesetzlichen Bestimmungen entsprechende Behandlung (Verbesserung) erfahren hat.

Die Entwicklung der Trauben ist abhängig vom Klima, Boden und Behandlung der Rebe, die Beschaffenheit des Traubensaftes wird außerdem noch von der Traubensorte beeinflußt.

Die Bildung der Beeren beginnt nach der Blüte, ihr Saft unterscheidet sich zunächst kaum von dem der Blätter [2], er enthält nur Spuren von Traubenzucker und erst im Laufe der weiteren Entwicklung tritt Lävulose auf. Der Säuregehalt erreicht kurz vor dem Weichwerden, das mit der Bildung des Farbstoffes bei den blauen und der Verfärbung der grünen Trauben zusammenfällt, seinen höchsten Wert, um dann langsam abzunehmen, was durch Veratmung der Apfelsäure und Neutralisation durch einwandernde Basen (Bildung von Weinstein) geschieht. Der Zuckergehalt erfährt dagegen eine fortwährende Zunahme, wobei erheblich mehr Lävulose als Dextrose gebildet wird, so daß in den reifen Beeren die beiden Zucker im Invertzuckerverhältnis vorhanden sind. Nach erreichter Vollreife erhält die Beere keine weitere Zufuhr aus den Organen der Pflanze, die Beerenstielchen sind verholzt und vertrocknet, die Veränderungen der am Stock hängenden Traube spielen sich innerhalb der Beere selbst ab: Wasserverdunstung, Konzentration unter Umständen bis zur Rosine, Verminderung der Apfelsäure, weniger der Weinsäure durch Oxydation, alles Vorgänge, die die Qualität des Saftes auf Kosten der Menge verbessern [3]. Gleichfalls eine erhebliche Veredlung des Traubensaftes wird durch die Edelfäule hervorgerufen, die eintritt, wenn vollreife Trauben durch den Edelfaulpilz (Botrytis cineria) bei trockenem Wetter befallen werden. Der Pilz verbraucht Säure und Zucker, diesen aber in geringerer Menge, außerdem noch Mineral- und Eiweißstoffe, gleichzeitig wird die Beerenhaut morsch und dadurch die Wasserverdunstung erhöht und eine Konzentration des Saftes bewirkt, der um so säureärmer und zuckerreicher ausfällt, je mehr trockene Witterung diesen Vorgang begünstigt. Gleichzeitig werden die Bukettstoffe der reifen Traube zerstört oder verändert, an ihre Stelle tritt aber das hochgeschätzte Edelfaulbukett, das unsere hervorragenden Edelweine auszeichnet. Selbst bei ungünstiger nasser Witterung, wodurch allerdings ein Auslaugen der Beere und damit erhebliche Verluste veranlaßt werden, bleibt der Vorzug des Edelfaulbuketts erhalten, wenn die Beeren die Vollreife erlangt hatten. Befällt der Pilz die Beeren schon früher, so tritt die sogenannte Rohfäule ein, bei der vielfach eine Erhöhung des Säuregehaltes, eine Verminderung des Zuckergehaltes stattfindet und die außerdem den Geschmack des Mostes ungünstig beeinflußt. Die Graufäule wird durch den aus den Sporenträgern entstandenen Rasen, die Grünfäule dagegen durch Penicillium glaucum. der dem Most den unangenehmen Schimmelgeschmack verleiht, hervorgerufen. Die gefürchtete Sauerfäule der Trauben wird durch den Schmetterling Tortrix uvana bewirkt, dessen erste Brut (Raupen, Heuwurm) die Gescheine verzehrt und nach der Verpuppung als Schmetterling seine Eier auf die jungen Trauben ablegt, deren Inhalt er als Sauerwurm zerstört.

Springwurm, Springwurmwickler vernichten die jungen Blätter.

Von größtem Einfluß auf die Beschaffenheit der Trauben sind die Krank-

heiten des Weinstockes selbst. Die Blattfallkrankheit (Peronospora viticola) befällt vorwiegend die Blätter, verhindert damit die Zufuhr von Zucker in die noch unreife Beere, ebenso wegen mangelnder Wasserverdunstung durch die Blätter, die Wasseraufnahme aus dem Boden und damit die Einwanderung von Mineralstoffen in die Beere, deren Saft zuckerarm und sauer bleibt. Weniger schädlich wirkt der Pilz, wenn er erst zur Reifezeit auftritt, vorausgesetzt, daß er nicht die Beeren selbst befällt (Lederbeeren) und diese für die Mostgewinnung gänzlich verdirbt. Der Mehltau oder Escherich (Mycel von Oidium Tuckeri), ebenso auch der schwarze Brenner (Glocosporium ampelophagum) zerstören Blätter und Beeren und bringen sie zum Absterben, der rote Brenner (Pseudopeziza trocheiphila) dagegen veranlaßt nur ein Abfallen der Blätter.

Zusammensetzung der Weintrauben und des Mostes.

Das Gewicht der feuchten Kämme, Schalen und Kerne gegenüber dem Safte der Trauben ist ein wechselndes; es mag für vollreife Trauben etwa 10—15 Proz. des Gesamtgewichts betragen. Der Eiweißkörper des Kernes enthält neben Gerbstoff das aus den Glyzeriden der Öl-, Stearin-, Palmitin- und Erukasäure bestehende Traubenkernöl, die Schalen den Farbstoff (Chlorophyll und Rotweinfarbstoff). Der Saft enthält neben Wasser (70 bis 85 Proz.) etwa 0,6 Proz. Stickstoffsubstanz je nach Reife, Klima, Traubensorte wechselnde Mengen von Zucker (9—20 Proz. und darüber) und etwa 0,4—2,0 Proz. Säuren (Äpfelsäure und Weinsäure). Im allgemeinen nimmt mit zunehmender Reife der Zucker zu, die Säure ab. Diese Unterschiede mögen durch die Analyse zweier rheinhessischer Moste: a) sehr gute Lage und Jahrgang, b) geringere Lage und Jahrgang gekennzeichnet sein.

100 ccm enthalten g	A. 1893 (Nierstein)	B. 1896 (Hillersheim)
Spez. Gewicht (Grade Öchsle)	1,125 (125°)	1,047 (47°)
Freie Säuren, als Weinsäure berechnet	0,87	1,32
Gesamtweinsäure	0,35	0,39
Freie Weinsäure	fehlt	fehlt
Gesamtzucker (Invertzucker berechnet)	28,0	9,46
Dextrose	13,9	4,69
Lävulose	14,1	4,77
Auf 1 Teil Dextrose treffen T. Lävulose	1,02	1,10
Mineralbestandteile	0,540	0,375
Polarisation, Kreisgrade 100 mm Rohr	—6,16	—1,9
Alkalinität der Asche, ccm norm. Lauge	5,0	3,6

Neben diesen Hauptbestandteilen wurden im Traubensaft in kleinen Mengen nachgewiesen: Oxalsäure, Glykolsäure, Bernsteinsäure, Inosit, Fette, Wachs, Gummi, Arabinose*) und Pflanzenschleim. Die Zusammensetzung der Reinasche des Saftes ist nach Wolf im Mittel aus 16 Analysen folgende:

K_2O	64,93	Proz.	Fe_2O_3	1,49	Proz.
Na_2O	1,34	„	P_2O_5	13,18	„
CaO	5,73	„	SO_3	5,07	„
MgO	4,07	„	SiO_2	2,84	„
			Cl	1,10	„

*) Weivers, Chem.-Ztg. 1906, **30**, 292.

Der Kali- und Phosphorsäuregehalt schwanken innerhalb ziemlich weiter Grenzen, während der Kalk- und Magnesiagehalt kleineren Schwankungen unterliegt.

Farbstoff. Mit zunehmender Reife nimmt das Chlorophyll der Beere allmählich ab, vollreife Beeren enthalten nur mehr gelb bis braun gefärbte Umsetzungsprodukte, die endlich bei weiterer Zersetzung in humusähnliche Substanzen übergehen (braune Weine). Weine, die auf grünen Hülsen und Kämmen vergoren haben, besitzen den unbeliebten sogenannten grünen Geschmack.

Der blaue Farbstoff der Trauben bildet sich erst beim beginnenden Weichwerden und findet sich in kleinen Körnchen an den Stellen des Gewebes abgelagert, an welchen früher Chlorophyll zu beobachten war und ist wahrscheinlich ein Umsetzungsprodukt des Chlorophylls und diesem nahe verwandt; er geht nicht in den Beerensaft über, der Saft ist ungefärbt (Färbertraube ausgenommen), durch rasches Abkeltern kann daher aus blauen Trauben Weißmost (Claret) hergestellt werden. Der Rotweinfarbstoff, über den eine umfangreiche Literatur vorliegt, eine Zusammenstellung siehe Hasterlik [4], ist kein einheitlicher Farbstoff, sondern nach Heise [5] wahrscheinlich ein Gemenge zweier Farbstoffe A und B. A ist im kalten Wasser, Äther, Säuren, Alkohol unlöslich, löslich in 60proz. Alkohol, seine Zusammensetzung entspricht der Formel $C_{14}H_{14}O_7$; B, ein violettes Pulver, ist dagegen in verdünnten Säuren und Wasser löslich, besitzt die Formel $C_{20}H_{14}O_{12}$ und wird durch Säuren und Enzyme unter Wasseraufnahme in Zucker ($C_6H_{12}O_6$) und den Farbstoff A gespalten. Dieses Verhalten erklärt die widersprechenden Angaben früherer Beobachter wie auch die Erscheinung der Abscheidung des Rotweinfarbstoffes aus älteren Weinen, abgesehen von der Einwirkung des Luftsauerstoffs. Der Heidelbeerfarbstoff ist identisch mit Rotweinfarbstoff, die von W. Vogel (6) behaupteten Unterschiede im spektroskopischen Verhalten dürften auf das wechselnde Überwiegen der verschiedenen Zersetzungs- und Umwandlungsprodukte zurückzuführen sein.

Die Mostbereitung. Die Trauben werden entweder abgebeert oder mit den Kämmen zunächst gemahlen und bei Herstellung besserer Sorten sofort abgekeltert oder, wie dies auch manchmal geschieht, um dem Wein angeblich mehr Weingeschmack zu geben, längere Zeit mit den Hülsen in Berührung gelassen, wodurch auch bessere und schnellere Klärung durch Ausscheidung kolloidaler und anderer Substanzen erreicht werden soll. Da die Hefe auf den Hülsen sitzt, so wird hierdurch auch eine gleichmäßigere Verteilung der Hefe in der Flüssigkeit bewirkt und eine rascher eintretende Gärung erzielt. Diesen Vorteilen stehen aber auch Nachteile gegenüber, die besonders bei faulen Trauben in unangenehmer Weise sich bemerkbar machen. In diesen sind Stoffe enthalten, die an der Luft unter Braunfärbung in humusähnliche Substanzen übergehen und dem Wein sowohl eine unerwünschte Färbung als auch Geruch und Geschmack verleihen. Diese Oxydationsvorgänge beginnen meist im Weine sich abszuspielen, wenn der Sauerstoffzutritt durch die Kohlensäureentwicklung während und nach der Gärung nicht mehr gehemmt ist und die Oxydasen ihre Wirksamkeit entfalten können. Außerdem gelangen durch die faulen Trauben neben den Hefezellen zahlreiche Organismen verschiedenster Art (Bakterien, Fäulnispilze, Schimmelpilze usw.) in den Most und in den Wein, die zwar durch eine rasch einsetzende Gärung vorübergehend unterdrückt werden, später

jedoch den Ausbau des Weines in höchst ungünstiger Weise zu beeinflussen imstande sind. Ist daher die Ernte zum Teil faul, so ist tunlichst rasch abzukeltern, um möglichst wenig faule Stoffe in den Most zu bringen. Abgesehen von den eben erwähnten Fäulnisstoffen werden bei längerer Berührung des Mostes mit den Hülsen und Kämmen auch aus gesunden Trauben Farb- und Gerbstoff, Mineralsubstanzen, Weinsäure usw. aufgenommen, wodurch die Weine hochfarbig und herbe werden und auch durch das Auslaugen der zuckerarmen Butzen gewissermaßen eine Verdünnung des zuckerreicheren Saftes des Beerengewebes stattfindet. Durch das längere Stehen des Mostes auf den Trestern, besonders wenn diese durch Auftreiben (Hautbildung durch die entwickelte Kohlensäure) mit Luft in Berührung kommen, wird die Entwicklung des Essigstiches befördert. Das Angären auf der Maische bringt daher für die Weißweine mehr Nachteile als Vorteile; nur für die Rotweinbereitung ist das Vergären auf den Trebern notwendig, um den Rotweinfarbstoff in Lösung zu bringen.

Durch das Keltern (Abpressen) wird der Saft von den Hülsen, Stielen, die man unter den Namen Trester zusammenfaßt, getrennt. Der aus den gemahlenen Trauben frei oder bei geringem Druck ablaufende Most (Verlauf) besteht der Hauptsache nach aus dem zuckerreicheren, an Mineral- und Extraktstoffen sowie säuren- und gerbstoffärmeren Saft des eigentlichen Beerenfleisches. Bei stärkerem Abpressen wird auch der Saft des unmittelbar die Kerne umschließenden Gewebes (Butzen), der zuckerärmer, dagegen reicher an Säure und Extraktstoffen ist, sowie auch der Saft der äußersten Schichten (Hülsenmost), der reich an Eiweiß-, Gerb- und Pektinstoffen, dagegen ärmer an Säure und Zucker ist, gewonnen. Der bei normalen Abpressen erhaltene Saft ist der richtige Durchschnittsmost.

Konzentration des Beerensaftes, Menge und Dicke der Beerenhäute beeinflussen die Mostausbeute. Für gewöhnlich kann angenommen werden, daß 100 kg Trauben etwa 75—80 kg Most liefern, daß in den 20—25 kg Preßrückstand (Trester) neben den Hülsen, Kämmen und Kernen, 10 bis 20 Proz. des Gesamtzuckers der gekelterten Trauben zurückbleiben können. Zu starkes Pressen, wodurch die Kerne zerdrückt und der Inhalt der Hülsen ausgepreßt wird, ist aber der geschmacklichen Nachteile wegen zu vermeiden. Die wertvollen Trester finden als Viehfutter und zur Herstellung der Tresterweine (Haustrunk), zur Branntweinbereitung usw. Verwendung.

G ä r u n g. Durch die Gärung wird der Most zum Wein. Der Zucker wird durch die Lebenstätigkeit der Hefenzellen in Alkohol und Kohlensäure gespalten, die Erreger der Gärung (verschiedene Heferassen) werden aus dem Boden, in dem sie überwintern, durch Insekten auf die Oberfläche der Beeren übertragen, finden dort an verletzten Stellen (Wespenstich) genügende Nahrung zu ihrer Weiterentwicklung und gelangen schließlich in den Most, der ihnen alle Stoffe in passender Konzentration darbietet, die sie zu ihrer Ernährung und Vermehrung bedürfen. Die Hefe gewinnt, wie andere Organismen, durch Veratmung ihrer Nähr- und Reservestoffe die zur Erhaltung ihrer Lebenstätigkeit nötige Energie, sie vermag aber in geeignet zuckerhaltigen Flüssigkeiten auch bei Sauerstoffmangel dies durch Zerlegung des Zuckers zu erreichen. Neben Zucker sind als Nährstoffe die Mineralstoffe (Phosphorsäure, Kali, Sulfate) und die stickstoffhaltigen Substanzen von Bedeutung. Nach A. Mayer [7] sind die eigentlichen Eiweißstoffe zur Ernährung der Hefe ungeeignet, während Peptone und Aminosäuren, besonders Asparagin

nach Ehrlich [8] als beste Stickstoffquellen anzusehen sind, Säureamiden dagegen ein weitaus geringerer Nährwert zukommt. Nitrate und Nitrite sind als Nährstoffe wirkungslos. Die Ursache, daß die Hefe den Zucker nicht einfach in Kohlensäure und Wasser zerlegt, sondern Alkohol bildet, ist nach J. Wortmann [9] und Dellbrück [10] eine biologische. Der Alkohol ist ein Kampfgift, mittels dessen die Hefe ihre zahlreichen Mitbewerber um die Nährstoffe des Mostes, die mit ihr auf den Trauben oder im Moste vorkommen (Bakterien, verschiedene Heferassen, wie Dematium- und Kammhefen, Apiculatushefen sowie verschiedenartige Schimmelpilze), in ihrer Entwicklung hemmt oder tötet [11].

Allerdings ist der Alkohol auch für die Weinhefe giftig, da sie bei einem Alkoholgehalt von 14 Proz. [12] ihr Gärvermögen einstellt und daher Moste mit etwa 25—30 Proz. Zucker nur sehr langsam oder nicht mehr vollständig zu vergären imstande ist. Ihre Widerstandskraft gegen den Alkohol ist jedoch größer als die ihrer Mitbewerber. Der chemische Vorgang, der sich bei der Alkoholgärung abspielt, ist dadurch jedoch nicht erklärt. Die älteren Versuche einer chemischen Deutung (Stahl, Liebig, Nägeli) ermangeln der experimentalen Grundlage. Die Liebigsche Anschauung, ebenso die Enzymtheorie von Traube [13], nach welcher ungeformte Fermente (Enzyme nach Kühne) das Gärungsmaterial zerlegen, wurde erst durch die Arbeiten Buchners [16] und seiner Mitarbeiter, denen es gelang, das Gärungsenzym (Zymase) im Hefepreßsaft nachzuweisen, bestätigt.

Der Hefepreßsaft verliert seine Gärkraft nicht durch Behandlung mit antiseptischen Mitteln, durch Eindampfen im Vakuum zum trockenen Pulver oder Filtration durch Porzellanfilter ebensowenig wie durch Fällung mit Alkoholäther. Der Zerfall des Zuckers soll durch zwei Enzyme: der Hefezymase und der Laktozydase veranlaßt, über die Milchsäure führen und als erstes Zwischenglied Methylglyoxal ($CH_3 \cdot CO \cdot COH$) liefern [15], wobei Koenzyme mitwirken (Zerlegen des Preßsaftes durch Dialyse in zwei für sich unwirksame Bestandteile). Nach Boysen [16] ist das Dioxyazeton als erstes Spaltungsprodukt anzunehmen.

Neben diesen ebenerwähnten Enzymen sind in der Hefe noch nachgewiesen das den nicht direkt gärungsfähigen Rohrzucker in gärfähigen Invertzucker überführende Invertin, die das Glykogen zunächst in Maltose verwandelnde Diastase und die daraus Dextrose bildende Maltase. Außerdem findet sich neben der Sauerstoff übertragenden Oxydase noch eine fettspaltende Lipase und ein peptonisierendes Enzym, die Tryptase, der zweifellos die wichtige Aufgabe zukommt, die Eiweißkörper des Mostes in assimilierbare Abbauprodukte umzubilden [17]. Die Aufnahme der Hefenährstoffe in das höchst kompliziert zusammengesetzte Protoplasma ist ein osmotischer Vorgang. Nur die Stoffe, die die Zellmembran zu durchdringen vermögen, gelangen in das Innere der Zelle, daher vergärt die Dextrose des Invertzuckers ihres größeren Diffusionsvermögens wegen rascher als die Lävulose [18]; es werden Peptone, nicht aber Eiweißkörper aufgenommen.

Die Zusammensetzung der Hefe ist in verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung eine verschiedene. Hungernde und sprossende Hefe verbraucht ihre Reservestoffe, Fett und Glykogen, das durch die Enzyme der Hefe in Zucker übergeführt und vergoren werden kann (Selbstgärung). Hungernde Hefe ist daher an ihrer Glykogenarmut zu erkennen (Wortmann).

Ein normaler Verlauf der Gärung ist für die Beschaffenheit des Weines

von größter Wichtigkeit. Im allgemeinen gilt, daß langsamere Vergärung normalere, haltbarere Produkte liefert als stürmische Gärung [19]. Die Temperatur des gärenden Mostes soll 15—18° nicht übersteigen, obgleich das Optimum etwa bei 32° liegt, sie soll aber auch nicht zu tief darunter liegen, da bei zu langsamer Vergärung unerwünschte Vermehrung anderer, selbst schädlicher Organismen eintreten kann. Da der Most sich bei der Gärung erwärmt, so sollen zuckerärmere Moste, die rascher vergären als zuckerreichere, auf nicht mehr als 12°, letztere dagegen auf 15° vorgewärmt werden. Selbstverständlich gilt dies auch für die Temperatur des Kellers selbst. Moste, deren Zuckergehalt über 20—25 Proz. hinausgeht, vergären bereits langsam und schwierig, erstens hemmt der entstandene Alkohol den Verlauf der Gärung, andererseits wird der osmotische Ausgleich zwischen der Zuckerlösung und dem Zellinhalt bei etwa 35—40 Proz. Zucker fast gleich Null, womit die Hefe in den Ruhezustand übergeht. Luftmangel verhindert auch bei Gegenwart von Nährstoffen die Vermehrung der Hefe. Luftzufuhr zu einer schwach gärenden Hefe regt deren Lebenstätigkeit wieder an, daher das in der Praxis übliche Durchlüften des Mostes.

Ist der Zucker des Mostes vergoren, so tritt die Hefe in den Ruhezustand über, sie setzt sich zu Boden, verbraucht ihre Reservestoffe (Selbstgärung), wobei, wie auch Seifert [20] bestätigt, die für den Geschmack und Aroma des Weines wichtigen Substanzen, wie höhere Alkohole usw. gebildet werden.

Die Säuren des Naturmostes üben, selbst in Mengen von 2 Proz. einen schädlichen Einfluß auf die Hefe nicht aus; obgleich sie die Gärung etwas verzögern, wirken sie insofern günstig, als sie die Entwicklung hefefeindlicher Organismen beeinträchtigen. Essigsäure in Mengen von etwa 0,6 Proz. verhindert bereits die völlige Vergärung des Zuckers, wahrscheinlich unterstützt durch die gleichzeitig gebildeten Bakteriengifte.

Gerbsäure und Farbstoffe hemmen nach Carles und Nivière [21] und Rosenstiehl [22] im geringem Maße die Gärtätigkeit, wahrscheinlich durch Absorption, doch gilt dies nach Gelm [23] nur für Maischen aus sehr stark gefärbten Trauben; immerhin vergären Weißweinhefen die Rotweinmaische weniger gut, was Müller-Thurgau auf Anpassung zurückführt (siehe auch Mach und Portele [24]). Geringe Spuren von Metallsalzen (Kupfer, Zink), die durch Bespritzen der Reben oder durch den Gebrauch von Zinkgefäßen in den Most gelangen können, sind wirkungslos [25]. Einen erheblichen Einfluß dagegen übt die schweflige Säure, dieses in der Kellerwirtschaft unentbehrliche und allein erlaubte Konservierungsmittel, auf die Entwicklung der verschiedenen Heferassen aus. Nach Seifert [26] verhindern erst 0,08—0,1 g schwefliger Säure im Liter die Gärung des Mostes nach Zusatz von 1 Proz. kräftiger Hefe, bei Gegenwart von weniger Hefe genügen weitaus geringere Mengen, um die Gärung tagelang zu verzögern. Kahmpilze und Bakterien sind empfindlicher, Müller-Thurgau [27] schlägt daher vor, die Weinhefen durch Anzüchten an die schweflige Säure zu gewöhnen und mit ihnen schwach geschwefelte Moste, in denen andere Organismen nicht zur Geltung kommen können, zu vergären. Von größter Bedeutung für die Durchführung der Gärung sind die Gärungsprodukte selbst. Die verschiedenen Hefen und andere Organismen sind ungleich empfindlich gegen Alkohol. Saccharomyces apiculatus und Schimmelpilze werden schon bei etwa 4 Proz. Alkohol in ihrer Entwicklung gehemmt, während kräftige Weinhefen unter günstigen Bedingungen ausnahmsweise bis etwa 14 g Alkohol in

100 ccm, in der Regel aber mit Hilfe der Nachgärung etwa bis 12 Proz. zu erzeugen vermögen, die Hauptgärung aber meist schon bei ungefähr 10 g zum Stillstand kommt. Die Kohlensäure wirkt nur indirekt durch Verdrängung des Sauerstoffs schädigend auf den Gärverlauf (Vermehrung der Hefe) ein, daher Lüften des Mostes, direkt werden jedoch Saccharomyces apiculatus und ellipsoideus sowie andere Organismen in ihrer Entwicklung beeinträchtigt [28].

Für den normalen Verlauf der Gärung ist endlich noch die Hefemenge von Bedeutung, da nach Wortmann [29] die Gärung um so früher einsetzt und beendet wird, je mehr Hefezellen der Most enthält und um so reiner verläuft, je weniger fremde Organismen zur Geltung kommen. Vom Anfange an entwickeln sich alle im Most vorhandenen Organismen gleichzeitig nebeneinander. Bald aber herrschen die Apiculatushefen zufolge ihrer rascheren Vermehrung vor und bringen durch ihre Alkoholproduktion (bis 4 Proz.) der Schimmelpilze zum Absterben. Nun setzen die echten Hefen ein, der vermehrten Alkoholproduktion erliegen die Kahm- und Apiculatushefen. Dematium- und etwa vorhandene Mukorarten sowie Bakterien, die entweder abgetötet oder in Ruhezustand übergeführt werden, um später unter günstigeren Umständen wieder zur Entwicklung zu gelangen. Die echten Weinhefen, und unter diesen die mit größter Alkoholproduktion, führen endlich die Gärung zu Ende.

Um reine Gärungen zu erzielen, ist daher die Entwicklung der Edelhefen derart zu fördern, daß die Alkoholbildung einsetzt, bevor die Schädlinge zur Geltung gelangen, und das geschieht am einfachsten nach Müller-Thurgau und Wortmann [30] durch Zusatz von Weinhefe, am besten einer der Weinsorte entsprechend gezüchteten Reinhefe. Zusatz von Trubhefe ist weniger empfehlenswert, weil im Trub neben der Hefe auch schädliche Organismen vorhanden sein können (Bakterien usw.). Irrtümlich ist jedoch die Annahme, daß durch Hefen einer berühmten Weinbergslage aus Most geringer Lagen Weine mit hervorragenden Eigenschaften erzeugt werden können. Die Vorteile der Reinhefegärung liegen in der Erzielung reiner, von Krankheitskeimen freier Gärungen. Nicht das Traubenbukett, sondern nur das Gärungsbukett ist von der Hefe abhängig; um den Weinen den harmonischen Charakter ihrer Herkunft zu bewahren, ist Reinhefe des zuständigen Weinbaugebietes anzuwenden.

Rotweingärung. Die Maische wird in Gärkufen oder Fässern der Gärung überlassen, zwecks besserer Extraktion des Farbstoffs ist die Maische öfters durchzurühren (Rollfaß), Hutbildung wegen Einstich zu vermeiden, die Temperatur soll etwa 20° betragen. Die vergorene Maische wird abgekeltert, durch zu langes Verweilen auf den Trestern werden Stoffe aufgenommen, die später unlöslich werden und die Farbe beeinträchtigen. Der frei ablaufende Wein ist dem Preßwein an Qualität überlegen, der Preßwein ist gerbstoffreicher, reicher an Mineralbestandteilen (Analysen siehe Windisch [31], so daß unter Umständen eine Vermengung beider Weine nicht zweckmäßig erscheinen kann. Der Jungwein wird nun in schwach eingebrannte Fässer abgefüllt und der Nachgärung in nicht zu kalten Kellern (10°) überlassen. Schwaches Schwefeln übt nach Kulisch [32] keinen nachteiligen Einfluß auf den Rotweinfarbstoff aus und ist für die Haltbarkeit zu empfehlen. Der Wein klärt sich; er wird sodann von dem Bakterien, Hefen und sonstige Sinkstoffe enthaltenden Trub durch Abziehen

getrennt, kommt hierbei mit Luft in Berührung, wodurch einzelne zurzeit noch gelöste Substanzen, die erst allmählich im Fasse mit dem durch die Faßwandungen eintretenden Sauerstoff in unlösliche Verbindungen übergeführt werden, zur rascheren Ausscheidung gebracht werden. Die Zeit des Absticlies ist richtig zu bemessen, durch zu frühes Abstechen wird die Hefe zu früh entfernt, die völlige Vergärung des Zuckers verhindert und der Wein späteren unerwünschten, mit Trübungen verbundenen Nachgärungen ausgesetzt, durch zu spätes Abstechen dagegen gelangen in den Wein Zersetzungsprodukte bereits abgestorbener Hefen, die nicht nur als ein guter Nährboden Bakterienentwicklung, sondern auch andere, oft schwer zu beseitigende, fast immer mit Farbstoffverlust verbundene Trübungen hervorrufen können. Der zweite Abstich erfolgt nach etwa 8 Wochen, der dritte 4 Monate nach dem zweiten; erst dann, wenn der Wein in einigen Probeflaschen bei mehrwöchigem Lagern bei verschiedenen Temperaturen (Kellertemperatur und kälter und wärmer als diese) sich nicht mehr verändert, ist er flaschenreif. Schwache Trübungen können durch Filtration beseitigt werden.

Auf der Flasche vollzieht sich der Ausbau des Weines.

Die Weißweingärung. Die Weißweingärung wird in Fässern oder Kufen bei möglichstem Luftabschluß ausgeführt. Fässer erhalten einen den Waschflaschen ähnlichen Gäraufsatz, die Kufen werden gut zugedeckt. Sind Most und Gärkeller richtig temperiert, so verläuft die Gärung innerhalb 8—14 Tagen, in kalten Kellern erst nach Wochen. Hat die Kohlensäureentwicklung aufgehört, so ist die Hauptgärung beendet, die Hefe setzt sich zu Boden, der Wein klärt sich und wird nun von der Hefe, ohne diese aufzurühren, in reine, schwach eingebrannte Fässer abgezogen, um dort die Nachgärung durchzumachen. Durch die geringe Menge noch vorhandener Hefe werden die letzten Reste des Zuckers vergoren, die Stickstoffnährstoffe zum Teil aufgebraucht, Weinstein und Eiweißstoffe abgeschieden und endlich die bedeutungsvollste Veränderung neben der Entwicklung des Buketts, nämlich der Säurerückgang, eingeleitet.

Dieser Vorgang verläuft unter neuerlicher Trübung und Kohlensäureentwicklung, hervorgerufen durch Bakterien, Micrococcus malolacticus u. a. (Seifert [33]) und beruht auf dem Zerfall der zweibasischen Apfelsäure in Kohlensäure und die einbasische Milchsäure. $C_4H_6O_5 = C_3H_6O_3 + CO_2$, 143 Teile Apfelsäure, die 2 ccm Normallauge entsprechen, liefern hierbei 90 Teile Milchsäure, die nur 1 ccm Lauge abzusättigen vermögen, der Extraktgehalt wird dabei um die Hälfte des Gewichtes der gebildeten Milchsäure vermindert. Öfteres Aufrühren des Trubes, um die mit der Hefe abgesetzten Bakterien in innige Berührung mit dem Wein zu bringen und Lagerung bei etwa 15° C befördert diesen Säurezerfall. Starkes Einbrennen oder Pasteurisieren verhindert ihn. Literaturangaben siehe Anhang [34]. Auch Weinsäure und Bernsteinsäure können angegriffen werden, unter Umständen auch die Milchsäure, anderseits vermögen die säureabbauenden Bakterien auch aus Zucker Säure zu bilden, die Gleichung: Apfelsäure = Milchsäure + Kohlensäure ist daher nicht der genaue Ausdruck des verwickelten biologischen Prozesses des Säurerückganges.

Die Kellerbehandlung nach erfolgtem Säureabbau, der manchmal sofort nach der Hauptgärung, manchmal nach dem ersten oder zweiten Abstich oder auch noch später eintritt, bezweckt die Haltbarkeit, die Entwicklung

der Geschmacks- und Riechstoffe, die vollständige Klärung durch Ausscheidungen wie beim Rotwein und endlich die Flaschenreife. Die Geschmacks- und Riechstoffe (Blume) stammen zum Teil aus den Trauben (Riesling, Gewürztraminor, Muskateller usw.), zum Teil bilden sie sich unter dem Einfluß des Sauerstoffs, endlich sind sie auch Nebenprodukte der Gärung (Gärungsbukett). Sie bestehen aus Terpenen [35], glykosidartigen Verbindungen [36], Säuren, Estern, Aldehyden, Äthalen, Vanillin [37]. Neben den Estern der niederen Fettsäuren sind in dem Weinöl oder Kognaköl die Methyl-, Äthyl- und Amylester der Kaprin-, Kapryl-, Kapron- und Nonylsäure enthalten, nach Ripper [38] im Wein auch die Ester von Weinsäure, Apfelsäure und Bernsteinsäure.

Die Bildung aller dieser Substanzen ist nicht nur ein rein chemischer, sondern auch ein biologischer Vorgang, an dem die spärlichen Reste von Organismen, die im Wein bei Gegenwart geringer Sauerstoffmengen sich lebend erhalten, beteiligen und durch ihre Stoffwechselprodukte an dem Reifeprozeß Anteil haben. Bei vollkommenem Sauerstoffmangel sterben diese Organismen ab, Jungweine bauen sich nach Wortmann [39] unter diesen Umständen nicht aus.

Das Klären des Weins. Normal vergorene Weine aus gesunden Trauben mit genügendem Alkohol- und Säuregehalt klären sich in der Regel von selbst, nicht aber alkoholarme Weine aus faulen, kranken Trauben, oder Weine, die aus irgendeinem Grunde eine Störung in der Gärung erfahren haben, z. B. zersetzte Hefe (zu spät abgestochen) oder noch lebende Organismen usw. enthalten. Solche Weine müssen künstlich geklärt werden. besonders wenn die feinen Trübungen durch lebende Organismen hervorgerufen werden, deren Lebensfähigkeit mancherlei Krankheiten, selbst das völlige Verderben der Weine herbeiführen kann. Diese Weine werden, um die Lebewesen zu töten, zunächst geschwefelt, dann der Klärung unterworfen (Schwefeln, siehe Konservieren).

Pseudolösungen von Gelatine, Eiweiß, Hausenblase, erzeugen in einer gerbstoffenthaltenden Flüssigkeit einen flockigen Niederschlag, der im Augenblick seiner Bildung die feinen trübenden Teilchen umhüllt und diese mit sich zu Boden reißt. Ebenso wirken Milch, Albumin und Blut und das in neuerer Zeit mit Recht empfohlene Kasein, das nicht durch den Gerbstoff, sondern durch die Säuren des Weines ausgefällt wird. Für das Gelingen der Eiweiß- und Hausenblaseschönung ist ein bestimmter Gerbstoffgehalt des Weines notwendig, sonst bleibt die Schönung stecken, es ist dies daher durch Vorversuche im kleinen festzustellen. Die Hausenblasenlösung wird durch Anstellen mit saurem Wein bereitet (Zusatz von Weinsäure verboten). kalt bereitete Lösung fällt in größeren Flocken aus, klärt schöner, setzt sich aber nicht in so dichten, festen Massen ab, wie die Fällung aus warm hergestellter Aufquellung.

Lediglich mechanisch wirkt die bekannte spanische Erde, ein kaolinähnliches Vorkommen, das mit Wasser wie die echten Tone zu einer kolloidalen Lösung aufquillt, die monatelang zur Sedimentierung bedarf. bei Gegenwart von Säuren jedoch rasch ausflockt und in gleicher Weise wie Leim usw. die Schwebestoffe entfernt.

Die spanische Erde empfiehlt sich ihres höheren spez. Gewichts wegen zur Klärung schleimiger, zuckerreicher Weine.

Knochenkohle, Holzkohle, auch Papierbrei wirken gleichfalls nur

mechanisch. Über die Veränderungen der Zusammensetzung der Weine bei Verwendung mit den üblichen Schönungsmitteln haben Windisch und Roettgen [40] eingehende Versuche angestellt.

Ist die Trübung nur durch sich langsam abscheidende Eiweißkörper veranlaßt, die von der Hefe nicht aufgebraucht oder durch Tanninmangel nicht zur Abscheidung gelangten, so kann durch Zusatz von Tannin nachgeholfen werden.

Filtrieren. An Stelle des alten primitiven Filtriersackes (Spitzbeutel), der wohl seinen Zweck erfüllt, aber den Nachteil besitzt, den Wein viel zu sehr mit Luft in Berührung zu bringen (Luftgeschmack), werden heute die vorzüglichen, allen, auch den Anforderungen des Großbetriebes genügenden Zellulose- und Asbestfilter angewendet.

Künstliche Verbesserung des Weins. a) Moste. Natürlicher Mangel an Zucker und Übermaß von Säuren in den Mosten vieler weinbautreibender Länder hat die gesetzliche Regelung der künstlichen Verbesserung durch Zuckerzusatz und Verminderung des Säuregehalts hervorgerufen. Nach der Gesetzgebung des Deutschen Reiches dürfen Moste, die einer Verbesserung nicht bedürfen, nicht mit Zuckerwasserlösung versetzt werden. Moste mit normalem Säuregehalt, aber geringem Zuckergehalt dürfen nur trocken gezuckert werden. Um z. B. aus einem Most vom spez. Gewicht 1,050 (50° Öchsle), der etwa einen Wein von 5 g Alkohol in 100 ccm liefern wird, einen Wein mit 8 g Alkohol in 100 ccm herzustellen, den Alkohol um 3 g zu erhöhen, bedarf man $3 \times 2{,}4$ kg Zucker, da erfahrungsgemäß für die in der Weinverbesserung bestehenden Verhältnisse festgestellt ist, daß der Alkoholgehalt des gezuckerten Mostes um 1 g (Proz.) erhöht wird, wenn in 100 Liter des gezuckerten Mostes der Zuckergehalt um 2,4 kg erhöht wird. 1 kg Zucker entspricht einem Volum von 0,6 Liter, 7,2 kg Zucker ein solcher von 4,3 Liter, es sind daher im gegebenen Fall 95,7 Liter Most und 7,2 kg Zucker anzuwenden. Dieser Berechnung liegt die Annahme zugrunde, daß in der Praxis der Weinbereitung 100 kg Zucker etwa 45 kg Alkohol liefern*), daß 10° Öchsle etwa 1 g Alkohol entsprechen und daß 2,4 kg Zucker zu 100 Liter Most gelöst, das spezifische Gewicht des Mostes um 10° Öchsle erhöhen. Diese Zahlenverhältnisse sind nur annähernd richtig. Würde man tatsächlich dem Most so lange Zucker zusetzen, bis ein bestimmtes gewünschtes spez. Gewicht (Öchslegrade) erreicht ist, so enthält die Mischung erheblich mehr Zucker, der vergorene Wein kann um mehr als 0,5 Proz. Alkohol mehr enthalten als berechnet war. Die Ursache liegt darin, daß beim Zuckern die Erhöhung des spez. Gewichts nur durch den spezifisch leichteren Zucker erfolgt, und das Verhältnis von Zucker und Nichtzucker gegenüber Naturmosten verschoben ist.

Die Verwendung von Zuckerwasser zur Verminderung der Säure ist gesetzlich auf das Maximum von 20 Proz. des Gemisches beschränkt. Es ist daher die Zuckermenge so zu bemessen, daß auch das Wasser den verlangten Alkoholgehalt erhält. Zum Beispiel aus einem Most mit 65° Öchsle und 1,5 Proz. Säure, der zweifellos nach beiden Seiten verbesserungsbedürftig ist, soll ein trinkbarer und haltbarer Wein hergestellt werden. Durch Verdünnung von 20 Proz. kann die Säure auf 1,2 Proz. herabgesetzt, der Al-

*) Nach Pasteur werden aus 100 g Zucker 48,4 g Alkohol, nach Seifert aus Rohrzucker im Höchstfall 51 g Alkohol gebildet.

koholgehalt soll auf 8 Proz. gebracht werden, 100 Liter gezuckerter Most haben demnach eine 8 kg Alkohol entsprechende Zuckermenge $8 \times 2{,}2 = 18$ kg Zucker zu enthalten, es sind also abzüglich der in 80 Liter Naturmost bereits vorhandenen 11,4 kg Zucker noch 6,6 kg zuzusetzen, die 3,9 Liter Raum einnehmen. Zur Herstellung der gewünschten Mischung werden daher 80 Liter Most, 6,6 kg Zucker und 16 Liter Wasser anzuwenden sein.

Ganz allgemein sei bemerkt, daß die Verbesserung im Sinne des § 3 des Weingesetzes nicht schematisch vorgenommen werden soll, sondern derart durchzuführen ist, daß der verbesserte Wein sich in bezug auf seinen Alkohol- und Säuregehalt den Naturwein eines reifen, guten (nicht ausnahmsweisen) Jahrgangs gleicher Lage angleicht. Es ist verboten, Moste, die in guten Jahren Weine mit 8—9 Proz. Alkohol geben, z. B. auf 10 Proz. Alkohol hinauf zu zuckern oder den Säuregehalt, ohne Berücksichtigung des Säurerückganges, durch Zuckerwasserzusatz unnötig herabzusetzen.

b) Durch Umgären der Weine. Das Gesetz gestattet auch, die Verbesserung an bereits vergorenen Weinen durchzuführen. Gegenüber dem Nachteil, daß durch zweimalige Gärung der Wein stark angegriffen wird, bietet die Umgärung den Vorteil, daß der Säurerückgang bereits eingetreten und der gewünschte Säuregehalt durch die Umgärung sicherer erzielt werden kann. Trotzdem ist die Mostverbesserung vorzuziehen.

c) Entsäuerung der Moste und Weine mit reinem gefällten kohlensauren Kalk. Dieses ursprünglich von Chaptal angegebene Verfahren beruht auf der Ausscheidung der Weinsäure in Form ihres in Wasser und schwachsauren Flüssigkeiten unlöslichen Kalksalzes, das sich meist in kristallinischer Form abscheidet. Es ist klar, daß diese Entsäuerung nur so weit gehen kann und darf, als Weinsäure vorhanden ist. Es setzt dieses Verfahren daher die Kenntnis des Weinsäuregehalts voraus. Vorsichtshalber wird man auch Moste nicht um mehr als etwa 0,2 Proz. Säure auf diese Weise entsäuern. Dieses Verfahren ist nicht sehr beliebt, da die darnach entsäuerten Weine anfänglich wenigstens einen unangenehmen Geschmack annehmen. Bemerkt sei noch, daß gefällter kohlensaurer Kalk vorgeschrieben ist, weil die natürlichen Karbonate dem Wein durch ihren Bitumen- oder Sulfidgehalt einen fremdartigen Geschmack verleihen, auch durch Verunreinigungen fremde Bestandteile (Eisen, Magnesia) in den Wein gelangen können.

d) Ausfrieren von Most und Wein. Herstellung der sogenannten Eisweine. Durch Ausfrieren kann nach Maßgabe des als Eis ausgeschiedenen Wassers eine Konzentration der Weine erreicht werden, ein Verfahren, das wohl kaum eine größere praktische Bedeutung erlangen wird. Die Eisweine besitzen ein hervorragendes Bukett, zeigen keinen Frostgeschmack und charakterisieren sich als hoch konzentrierte Weine. Windisch [41] und Kulisch [42], ebenso Neubauer (1875) haben Analysen solcher Weine veröffentlicht.

Das Verschneiden. Eine der wichtigsten Arbeiten des Weinhandels, um dem Abnehmer jederzeit, trotz des Wechsels der Weinqualitäten, in verschiedenen Jahrgängen Weine ähnlichen Geschmacks liefern zu können, ist der Verschnitt. Dieses für den Handel unerläßliche Verfahren ist gesetzlich erlaubt und durch die Bestimmungen des Deutschen Weingesetzes geregelt. Richtiges Verschneiden setzt eine ausgedehnte Weinkenntnis voraus. Durch ungeeigneten Verschnitt können recht störende Mißstände hervorgerufen

werden. Wird z. B. ein zuckerfreier, alkoholarmer Wein mit einem alkoholreichen, zuckerhaltigen oder schwachstichigen Wein gemischt, so kann durch Verminderung des Alkoholgehalts die Mischung in Gärung geraten oder der Essigstich sich weiter entwickeln, weil die konservierende Wirkung des Alkohols durch die Verdünnung aufgehoben würde.

Imprägnieren der Weine mit Kohlensäure. Zufolge der augenblicklichen Geschmacksrichtung, der Bevorzugung junger, spritziger Weine gegenüber den schwereren, feinen Weinen ist die Kohlensäure ein Kellereiartikel, das Imprägnieren der Weine mit Kohlensäure eine Arbeit des Kellereibetriebes geworden, denn die Kohlensäure ist es, die in dezenter Menge vorhanden, den Weinen den jugendlichen Charakter verleiht. Der Jungwein ist mit Kohlensäure gesättigt, in sämtlichen oben geschilderten Phasen, die er zu durchlaufen hat (Abziehen, Schönen, Filtrieren usw.) erleidet er Kohlensäureverluste, womit besonders bei kleineren Weinen eine merkbare Abnahme seiner geschmacklichen Eigenschaften verbunden ist [43]. Übrigens wirkt die Kohlensäure auch als Konservierungsmittel gegen den manchmal zu rasch wirkenden Einfluß des Sauerstoffs (Altwerden). Eine große Anzahl von Apparaten sind für den Zweck des Imprägnierens empfohlen und im Betrieb.

Neben diesen der wirklichen Verbesserung der Weine dienenden und zurzeit erlaubten Verfahren waren und sind zum Teil noch andere im Gebrauch, die gesetzlich nicht erlaubt, gewissermaßen nur historisches Interesse besitzen oder zur Herstellung von Haustrunk angewendet werden dürfen.

Gallisieren. Das Wesen dieses Verfahrens liegt in der Verminderung des Säuregehalts des Mostes und Weines durch Verdünnen mit Wasser und Zusatz von Zucker. Es ist das Vorbild der gesetzlich erlaubten Weinverbesserung, unterscheidet sich aber von dieser dadurch, daß ursprünglich die anzuwendenden Mengen von Wasser und Zucker auf einen Normalmost von 24proz. Zucker und 0,6 Proz. Säure (als Weinsteinsäure gedacht) berechnet würden. Daß darnach hergestellte Produkte nach heutiger Auffassung durchwegs überstreckt und überzuckert sind, braucht nicht weiter erwähnt zu werden. Das Verfahren ist zur Herstellung von Handelsweinen verboten.

Petiotisieren und Herstellung von Tresterweinen. Bei Besprechung der Mostbereitung wurde schon darauf hingewiesen, daß in den Preßrückständen (Trester) immer noch wertvolle Mostbestandteile in nicht unerheblicher Menge zurückbleiben können. Die Gewinnung derselben für die Herstellung von Hauswein, Leutwein, Lauer, Hansel usw. ist gesetzlich erlaubt. Die Trester werden mit Wasser aufgelockert, der Gärung überlassen und nach einigen Tagen abgepreßt. Das ist der gewöhnliche, dünne, wenig haltbare, meist stichige Tresterwein, der arm an Alkohol und Extraktbestandteilen und so reich an Mineralsubstanzen ist, daß das Verhältnis zwischen Extrakt- und Mineralbestandteilen das übliche 100:10 vielfach um das Doppelte überschreitet.

Ein guter, haltbarer Nachwein wird aber durch das Verfahren von Petiot erzeugt. Die Trester werden vor Lufteinwirkung möglichst geschützt (Abhaltung von Essigbakterien), aufgelockert, mit Zuckerwasser versetzt und je nachdem Weiß- oder Rotwein gewonnen werden soll, entweder rasch abgepreßt oder man läßt den Zucker auf den Trestern angären (Hutbildung zu vermeiden).

Hefewein. Endlich ist als letzter Nachwein noch der Hefewein zu

nennen. Damit ist nicht der Trubwein gemeint, der sich von der dickbreiigen, abgesetzten Hefe durch Filtrieren oder leichtes Abpressen trennen läßt, sondern das Produkt, das erhalten wird, indem die dickflüssige Hefe, die verschiedene Weinbestandteile enthält, mit Zuckerwasser zur Gärung gebracht wird. Die Herstellung dieses sehr geringwertigen, stickstoffreichen Nachweins zu Haustrunkzwecken ist gestattet, ihr Verkauf und Verschnitt mit Wein jedoch gesetzlich untersagt.

Gipsen. Zum Schluß sei noch das Gipsen erwähnt, das in Österreich und Deutschland verboten, in den Mittelmeerländern aber allgemein üblich ist. Die Maische wird mit ungebranntem Gips (1—5 kg auf 1 hl) bestreut, die Weine, besonders Rotwein, sollen feuriger in der Farbe und haltbarer werden. Durch das Gipsen findet eine ziemlich tief greifende Umsetzung statt, die Weinsäure wird als weinsaurer Kalk ausgefällt, das Kali bleibt als Kaliumsulfat im Wein zurück. Das deutsche Weingesetz beanstandet Rotweine mit mehr als 2 g Kaliumsulfat, Dessertweine ausgenommen.

Über die chemischen Veränderungen beim Gipsen sind die Anschauungen noch geteilt. Nach den Arbeiten von Venturi [44], Vitali und Manganini [45], die die Frage, ob beim Gipsen freie Schwefelsäure oder saures Sulfat entstehe, durch die Bestimmung der Inversionsgeschwindigkeit des Rohrzuckers durch gegipsten Wein zu entscheiden suchten, ist jedoch festgestellt, daß saure Sulfate oder gar freie Schwefelsäure in einigermaßen bemerkbaren Mengen nicht gebildet werden, daß also die Umsetzung nach der Gleichung $2 \cdot C_4H_5KO_6 + CaSO_4 = C_4H_4CaO_6 + K_2SO_4 + C_4H_6O_6$ in der Hauptsache verläuft, was auch damit übereinstimmt, daß durch das Gipsen eine Säurevermehrung nicht stattfindet.

Krankheiten und Fehler der Weine und Schutzmaßregeln dagegen.

Fehlerhafte und kranke Weine sind nicht selten. Unrichtige Behandlung, kranke Trauben mögen wohl in den meisten Fällen die Ursache dieser Erscheinungen sein. Wir bezeichnen als Weinkrankheiten die durch Mikroorganismen hervorgerufenen Veränderungen, sie entstehen durch Infektionen, sind übertragbar und vermögen sich weiter zu entwickeln. Weinfehler dagegen sind entweder auf eine unharmonische Zusammensetzung, auf Beimengung fremder Stoffe und in deren Folge eintretende chemische und physikalische Reaktionen zurückzuführen, sie sind nicht übertragbar, ebensowenig entwicklungsfähig.

1. Der Weinkahm, das Kahmigwerden, die Kuhnen, Weinblume. Zahlreiche Rassen von Mycoderma vini (Saccharomyces Mycoderma), nach Meißner [46] und Seifert [47] durch die Form der Deckenbildung verschieden, sind es, die den Wein bei Luftzutritt befallen, Alkohol, Säuren und Extraktbestandteile zu Kohlensäure und Wasser verbrennen und ihn gleichzeitig durch ihre Stoffwechselprodukte, wie niedere Fettsäuren und sonstige unangenehm riechende Stoffe, verderben.

Luftabschluß, Einbrennen und Alkohol (10 Proz.) sind als Gegenmittel zu empfehlen.

2. Essigstich. Auch die Keime des Essigstichs gelangen mit den Trauben in den Most und Wein. Die zahlreichen Rassen von Bact. aceti bilden auf der Oberfläche ein dünnes, glattes Häutchen, von der dicken, gefurchten Kuhnendecke leicht zu unterscheiden. Das Bakterium wirkt als Sauerstoffüberträger, Alkohol wird zu Essigsäure oxydiert, auch Zucker und

Säuren werden angegriffen. Zucker ist ein willkommener Nährstoff, höherer Alkoholgehalt wirkt dagegen schützend. Essigsäure ist ein normales Gärungsprodukt, etwa 0,02 g in 100 ccm bilden sich auch bei der Gärung sterilisierter Moste mit Reinhefen, übrigens enthält häufig der Most bzw. die Trauben schon Spuren von Essigsäure. Geschmacklich tritt die Essigsäure in dünnen Weinen mehr hervor als in alkohol-, extrakt- und aschereichen Weinen, in welchen unter Umständen selbst 0,2 g kaum bemerkbar sein können. Für die Beurteilung der Weine auf Grund ihres Gehaltes an flüchtigen Säuren gelten zurzeit noch die von der freien Vereinigung bayer. Vertreter der angew. Chemie angenommenen Grundsätze [48], nach welchen deutsche Weißweine bis 0,09 g, deutsche Rotweine bis 0,12 g flüchtige Säure als normal anzusehen sind. Nicht mehr normal, aber noch nicht zu beanstanden sind Weißweine von 0,09—0,12 g, Rotweine von 0,12—0,16 g, während Weine mit höherer flüchtiger Säure zu beanstanden sind, wenn sie auch geschmacklich als stichig zu erkennen und als verdorben zu bezeichnen sind. Für alte Weine und Südweine, die einen weit höheren Gehalt an flüchtigen Säuren besitzen können, gelten diese Normen nicht.

Zur Bekämpfung dient Abschluß der Luft, Vollhalten der Fässer und Einbrennen, als bestes Mittel jedoch Pasteurisieren. Nach Seifert [49] werden die Essigbakterien durch 15 Minuten langes Erwärmen auf 50° C oder 5 Minuten langes auf 55° C sicher getötet. Umgären und Neutralisieren sind wirkungslos, letzteres darum, weil in erster Linie die stärkeren Säuren abgestumpft werden.

3. Milchsäurestich. Das Zickendwerden befällt hauptsächlich säure- und alkoholarme Weine, die noch Zucker enthalten. Erreger der Krankheit sind verschiedene Milchsäurebakterien, Bac. acidi lactici, Bac. lacticus u. a., die Zucker und andere Weinbestandteile unter Bildung von Milchsäure, Buttersäure usw. zersetzen und dem Wein einen an Sauerkraut erinnernden Geschmack und Geruch verleihen. Durchgären der Weine ist bestes Vorbeugungsmittel, zur Beseitigung des fehlerhaften Geschmacks ist Umgären, zur völligen Abtötung der Bakterien Pasteurisieren zu empfehlen.

4. Lang- und Zähwerden. Kleine, meist unvollkommen vergorene Weißweine können sowohl im Fasse als in der Flasche eine an die Dickflüssigkeit des Eiweißes erinnernde Beschaffenheit annehmen, wobei der Geschmack fade, gummiartig wird, ohne daß wesentliche Trübungen auftreten.

Organismen verschiedenster Art, Bakterien (Bac. viscosus), Schleimhefen, Dematium Pullulans u. a. bewirken durch ihr massenhaftes Auftreten die Bildung schleimiger Massen.

Durch vollständige Vergärung des Zuckers, Lüften, Umgären mit Hefe und Schönung mit spanischer Erde kann der Krankheit entgegengewirkt werden.

5. Bitterwerden. Diese hauptsächlich bei Rotweinen auftretende Krankheit ist nicht durch den von Pasteur hierfür verantwortlich gemachten Bac. vini hervorgerufen, sondern wie Wortmann [50] nachgewiesen hat, auf andere Weise zu erklären. Schimmelpilze verändern die Gerbstoffe, indem sie diese in bitter schmeckende Verbindungen überführen. Die in bitteren Weinen sich findenden Bitterkörnchen sind Gemenge von Bitterstoff und Farbstoff. Durch direkte Impfung kann das Bitterwerden nicht übertragen werden.

6. Umschlagen (Trübwerden, Brechen). Man unterscheidet Trübungen durch Bakterien, Hefen usw. und solche, die durch chemische Veränderungen

hervorgerufen werden. Maßnahmen zur Beseitigung dieser Trübungen hat daher die mikroskopische Untersuchung voranzugehen. In Weinen, die noch Zucker enthalten, werden Hefen sich immer wieder vermehren können, ähnlich kann es mit Bakterien gehen, die ihrer Kleinheit wegen durch Schönungsmittel nicht vollständig beseitigt werden können, sich daher immer wieder vermehren werden. In solchen Fällen ist Ausbau des Weines, Abtötung der Keime durch Pasteurisieren und Schönung zu empfehlen.

Wortmann [51] erwähnt Trübungen durch zerfallene tote Hefen, die nur durch Umgären zu beseitigen waren. Trübungen durch anderes lebloses Material, Ausscheidungen von Eiweiß und unlöslich gewordenen organischen Stoffen sind von Fall zu Fall zu behandeln.

Das sogenannte Brechen oder Versieden der Rotweine, das mit einer Gasentwicklung verbunden ist, ist eine Bakterienkrankheit, ebenso die Mannitgärung, die in unseren Klimaten wohl kaum vorkommt und nach Gayon und Dubour [52] durch verschiedene Bakterien, die Fruktose zu Mannit zu reduzieren vermögen, veranlaßt wird.

7. Rahmig- und Braunwerden. Moste und Weine aus faulen Trauben färben sich zufolge Gegenwart gewisser Stoffe, deren chemische Beschaffenheit unbekannt ist, von der Oberfläche aus braun, trüben sich allmählich, bis die Abscheidung brauner Substanzen erfolgt, der Geschmack der Weine wird malagaähnlich, um im schlimmsten Falle vollständig zu verderben. Diese Erscheinung ist auf einen Oxydationsvorgang zurückzuführen, der durch Oxydasen eingeleitet wird, die den Luftsauerstoff auf für sich ungefärbte Mostbestandteile übertragen. Durch schwefelige Säure kann dieser Oxydation entgegengewirkt werden. Es empfiehlt sich daher ziemlich kräftiges Einbrennen und langes Lagern im geschlossenen Faß, auch Schönung mit Milch und Kasein dient zur Entfärbung der braungewordenen Weine. Das sogenannte

Umschlagen, Brechen der Rotweine ist eine ganz ähnliche Erscheinung, sie beruht gleichfalls auf Oxydasewirkung, durch Behandeln mit schwefeliger Säure kann ihr, wie Kulisch [53] zeigte, erfolgreich entgegengearbeitet werden. Derartige braun und trüb gewordene Rotweine können durch Einbrennen und schwaches Erwärmen (60—70°) wieder glanzhell hergestellt werden. Das sogenannte Versieden der Rotweine oder Brechen ist aber eine Bakterienkrankheit.

Böcksern (Geruch nach Schwefelwasserstoff) tritt in jungen und reifen Weinen auf. In den meisten Fällen ist die Entstehung des Schwefelwasserstoffes auf die Zersetzung von Sulfaten oder organischen Schwefelverbindungen oder Bildung aus elementarem Schwefel, der durch Abtropfen des brennenden Schwefels beim Schwefeln der Fässer oder durch das Behandeln der Reben mit Schwefelpulver in den Wein gelangt unter dem Einflusse von Mikroorganismen, zurückzuführen. Beim Einbrennen leerer Fässer, in denen sich blanke Eisenteile befinden, kann sich Schwefeleisen bilden, das bei der Zersetzung durch die Säuren des Weines Schwefelwasserstoff liefert; auch aus faulender Hefe kann Schwefelwasserstoff entstehen.

Schwacher Böckser kann durch mehrmaliges Abstechen (Berührung mit Luft, Verflüchtigung, Oxydation), stärkerer Böckser nur durch Schwefeln ($2H_2S + SO_2 = S_3 + 2H_2O$) beseitigt werden. Im letzten Falle ist der ausgeschiedene Schwefel durch Schönen oder Filtrieren zu entfernen. Gegen Böckser, durch organische Schwefelverbindungen hervorgerufen, ist Schwefeln

wirkungslos, hier kann nur längere Behandlung oder Verschnitt eine Besserung erzielen [54].

Das Schwarzwerden (Schwarzer Bruch). Das Schwarz- oder Blauwerden von Weinen an der Luft, die im Fasse vollkommen normale Farbe besitzen, beruht auf der Ausscheidung von gerbsaurem Eisenoxyd bzw. der Oxydation der im Weine vorhandenen Ferroverbindungen und der Umsetzung mit Gerbsäure zu dem gefärbten Tannat. Die Bildung dieser Verbindung ist nicht allein von der Gegenwart beider Bestandteile, sondern auch von der Menge und Art der Säuren des Weines abhängig. Der Eisengehalt ist teils natürlichen Ursprungs, teils aber auf die Einwirkung der Säuren des Mostes oder Weines, auf Eisenbestandteile der Kellereigeräte zurückzuführen. Der Einfluß der Säuren ist abhängig von der Konzentration der Wasserstoffionen. Diese ist nach Paul und Günther [55] am geringsten bei der Essigsäure und steigt an in der Reihe: Milchsäure, Bernsteinsäure, Äpfelsäure zur Weinsäure mit der größten Konzentration (stärkste Säure). Neßler und Seifert [56] sind auf anderem Wege zu demselben Ergebnis gekommen. Die geringste Luftbeständigkeit der Ferroverbindungen besitzt das Salz der Essigsäure, es folgt Milchsäure, Apfelsäure und Weinsäure.

Gerbstoffarme Weine neigen wenig zum Schwarzwerden, Säurerückgang und Milchsäurebildung begünstigen den Vorgang. Verschnitt mit saurem Wein ist daher zur Verhinderung zu empfehlen. Schwarz gewordene Weine klären sich nach einiger Zeit von selbst, Gelatineschönung befördert die Klärung, wenn genug Gerbstoff vorhanden ist, bei Mangel an Gerbstoff ist mit spanischer Erde zu schönen oder Tannin zuzusetzen.

Stopfengeschmack. Nicht zu verwechseln mit Schimmelgeschmack ist der durch Benutzung schlechter, kranker, unangenehm riechender und schmeckender Stoffe enthaltende Stopfen veranlaßte Fehler, der einmal vorhanden nicht mehr beseitigt werden kann. Meist ist dieses Verderben der Korke durch die Stoffwechselprodukte der den Kork bewohnenden Organismen, Larven verschiedener Insekten usw. bedingt, daher sind nur tadellose Korke zu verwenden und diese durch einen luftdicht abschließenden, nicht abspringbaren Überzug vor dem Eindringen schädlicher Organismen zu schützen.

Mäuselgeschmack. Schlecht gärende, zu lange auf der Hefe liegende Weine nehmen manchmal einen an Mäusekot erinnernden Geruch und Geschmack an, der kaum mehr zu beseitigen ist.

Von sonstigen Geschmacksfehlern sind zu erwähnen der Schimmel-, Hefe-, Holz-, Rauch- und Bodengeschmack, meist auf den Einfluß von Schimmelpilzen, Lagern in ungenügend gereinigten Fässern usw. zurückzuführen. Der Erdgeschmack soll nach Beglion [57] mit der den bekannten Erdgeruch veranlassenden Cladnothrix odorifera zusammenhängen.

Zur Beseitigung dieser Fehler kann in einzelnen Fällen Behandlung mit Holzkohle, Kasein, Milch, Trester, endlich Umgären versucht werden; auch reines Oliven- oder Sesamöl wird empfohlen.

Konservieren des Weines. Zur Bekämpfung und Vorbeugung der eben geschilderten durch Mikroorganismen hervorgerufenen Krankheiten dienen, abgesehen von möglichst reinlicher, rationeller Behandlung, im Prinzip zwei Verfahren, nämlich die Anwendung von chemisch wirkenden Mitteln

und von Wärme (Pasteurisieren), beide geeignet, die Krankheitskeime unschädlich zu machen oder zu töten.

Zu den durch das deutsche Weingesetz erlaubten Konservierungsmitteln gehört nur die schwefelige Säure, alle anderen Stoffe wie Salizylsäure, Benzoesäure, Zimtsäure, Ameisensäure, Formaldehyd, Fluor- und Borsäurepräparate sind verboten. Nach Seifert [58] genügt auch tatsächlich die schweflige Säure allen Forderungen der Kellerwirtschaft als zweckmäßigstes Mittel. Die schweflige Säure wird durch Verbrennen des Schwefels (Schwefelschnitte) erzeugt. Die Schwefelschnitte werden durch Eintauchen von Papier- oder Asbeststreifen in geschmolzenem Schwefel hergestellt, man unterscheidet dicke Schnitten (20—25 g Schwefel) und dünne Schnitten (5—6 g Schwefel). Die letzteren sind vorzuziehen, da der Schwefel vollkommen verbrennt und nicht durch Abtropfen oder Sublimieren zu den oben besprochenen Böcksern Veranlassung geben kann. Die schweflige Säure wird vom Wein sehr rasch absorbiert und verschwindet als freie Säure, indem sie mit den Aldehyden des Weines sich, wie Ripper und Schmitt [59] nachgewiesen haben, zu aldehydschwefliger Säure $CH_3 \cdot CH \cdot OH \cdot SO_3H$ verbindet, was durch Kerp [60] experimentell bestätigt wurde.

Die aldehydschweflige Säure dissoziiert wenig in wässeriger Lösung, ihre antiseptische Wirkung ist nach Seifert [61] gering, die Verbindung der schwefligen Säure mit Glykose und Fruktose dissoziiert dagegen sehr stark. Dadurch erklärt sich die verschiedene Wirkung des Schwefeldioxyds in Most und Wein.

Pasteurisieren. Durch Erwärmen des Weines auf Temperaturen, bei welchen sämtliche Keime getötet werden, wird eine dauernde Konservierung bewirkt, vorausgesetzt, daß nicht nachträglich eine neue Infektion stattfindet. Der Wein kann bei Auswahl geeigneter Apparate sowohl im Fasse als in Flaschen pasteurisiert werden. Neuerer Zeit hat man auch vorgeschlagen, die Moste vor Einleitung der Gärung durch Reinhefe zu pasteurisieren, wodurch mancherlei Weinkrankheiten vermieden werden sollen. Die Weine werden auf etwa 60—65° 1—2 Minuten lang erhitzt, wobei es aber nicht ausgeschlossen ist, daß hierbei der nicht beliebte Kochgeschmack auftritt, durch niedere Temperaturen und länger andauernde Erwärmung kann dies vermieden werden. Pasteurisierte Faßweine verlieren vorübergehend an Frische (Kohlensäure) erholen sich aber nach einiger Zeit.

Süßweine [62].

Man unterscheidet 1. konzentrierte Weine, 2. durch Alkoholzusatz stumm gemachte, mehr oder weniger angegorene Moste mit oder ohne Zusatz von konzentriertem Most und 3. endlich die durch Zuckerzusatz hergestellten süßen Weine.

1. Konzentrierte Weine ohne Alkoholzusatz. a) Deutsche Ausleseweine aus edelfaulen oder am Stock eingeschrumpften Beeren. b) Tokayer und andere ungarische Ausbruchweine (Meneser, Ruster Ausbruch). Die am Stock eingetrockneten Beeren (Halbrosinen) werden gemahlen, der frei abfließende Saft mit fast 40 Proz. Zucker liefert die alkoholarme (8 Proz.), hochkonzentrierte Tokayer Essenz. Die Traubenmaische mit Most gleicher Herkunft ausgezogen, gibt ohne Abpressen das Material für den Tokayer Ausbruch, der je nach der Menge Maische auf etwa 140 l Most 2—6 büttig genannt wird (1 Bütte = 25 l Maische).

Szamorodner ist Tokayer, der aus der Maische frischer Beeren und Rosinen (ohne Auslese) hergestellt wird, Maslas endlich wird durch Auslaugen der nicht abgepreßten Ausbruchtrester mit Wein oder Most gleicher Herkunft gewonnen. Tokayer Ausbruch enthält etwa 10 Proz. Alkohol, 8 bis 10 Proz. und darüber unvergorenen Zucker, je nach Konzentration 4—5 Proz. zuckerfreies Extrakt und mindestens 0,06 g Phosphorsäure.

c) Strohweine. Die Trauben werden auf Hürden getrocknet, Roussillon (Südfrankreich) und Commanderia (Zypern).

d) Weine aus künstlich durch Eindampfen konzentriertem Most. Malaga, Malvasia, Vini cotti.

2. Weine mit Alkoholzusatz ohne wesentliche Konzentration. a) Viele griechische Süßweine. Samos und Maphrodaphne. Die gemahlenen, leicht angetrockneten Trauben werden mit Wein ausgezogen, die Maische abgekeltert. Die Gärung wird bei etwa 8 Proz. Alkohol durch Spritzusatz unterbrochen. Die gewöhnlichen Sorten werden auch lediglich aus Rosinen durch Auslaugen mit Wasser hergestellt (Rosinenweine).

b) Alkoholisierte angegorene Moste (Mistellweine). Hierher gehören die berühmten Marsala-, Sherry-, Port- und Madeiraweine. Die Marsalaweine erhalten einen Zusatz von konzentriertem Most (10 Proz.), werden bis auf etwa 8—10 Proz. Alkohol vergoren, dann gespritet, Gesamtalkohol etwa 14 bis 15 Proz. Sie sind stark gegipst.

Sherryweine sind fast vollständig vergorene Weine, der Alkoholzusatz erfolgt nach beendeter Hauptgärung, nicht auf einmal, sondern nach jeweiligem längeren Lagern (Klärung). Der Alkoholgehalt steigt bis zu 18 Proz. an. Die Weine sind stark gegipst. Durch warme Lagerung und Zusatz von etwas Wein oder konzentriertem Most wird der Südweincharakter der Weine erzielt. Zuckergehalt 0,5—9 Proz.

Portweine sind gleichfalls fast vollständig vergorene Weine, die nach der Hauptgärung und darauffolgenden Abstichen Spritzusatz erhalten. Nach erfolgter Klärung findet der Zusatz von konzentriertem Most (Geropiga) statt, worauf die besten Sorten noch einer jahrelangen sorgsamen Behandlung zur Entwicklung ihrer hervorragenden Qualität unterzogen werden. Die Weine enthalten bis 19 Proz. Alkohol.

Madeiraweine werden ebenfalls stark gespritet, Gesamtalkohol etwa 14 Proz., die Weine sind ziemlich gut vergoren, der Zuckergehalt schwankt zwischen 2—6 Proz.

Schließlich sind noch die einfach gespriteten Moste (Mistellweine) zu erwähnen, deren Zusammensetzung von der des Mostes, den Alkoholgehalt ausgenommen, nicht wesentlich verschieden ist.

3. Die gezuckerten Süßweine werden durch Zuckerzusatz zu gewöhnlichen Mosten und Weinen hergestellt und vielfach auch gespritet.

Für manche Süßweine wird zum Zwecke besonderer Empfehlung die Bezeichnung Medizinalwein (siehe auch Blutwein) angewendet. Ursprünglich nur für Süßweine, besonders Tokayer gebraucht, belegt der Handel auch andere Süßweine, manchmal sogar solche zweifelhafter Güte mit diesem Beinamen, dem eigentlich keine Berechtigung zuerkannt werden kann, und der am besten aus diesem Grunde ganz aufzugeben ist. Zumindest aber ist zu verlangen, daß Weine, denen eine solche besondere Bezeichnung beigelegt wird, tatsächlich konzentrierte Weine von hervorragender Beschaffenheit sind.

Schaumweine [63].

Die Schaumweine sind mit Kohlensäure unter Druck gesättigte Weine. Man unterscheidet je nach ihrer Herstellung solche mit Flaschengärung, wohl auch natürliche Schaumweine genannt, bei denen die Kohlensäure durch Vergärung des Zuckers in geschlossener Flasche erzeugt und im Wein festgehalten wird, und die künstlichen Schaumweine, welche mit Hilfe besonderer Druckapparate nach Art der künstlichen Mineralwässer mit fremder Kohlensäure imprägniert werden.

1. Flaschengärung. Diese Weine bilden im allgemeinen die hervorragenden Qualitäten. Zu ihrer Herstellung dienen vorwiegend der blaue Burgunder, die weiße Champagnerrebe, die Müllerrebe, auch Ruländer-, Garmy- und Rieslingtrauben, doch werden die aus blauen Trauben weißgekelterten Moste des Geschmackes wegen und weil sie sich rascher klären, den Weißmosten vorgezogen. Bekannt sind die Clarettweine der Champagne, die nach sorgfältiger Auslese aus reifen, nicht überreifen, gesunden Beeren, ungemaischt durch rasches Abkeltern, um die Extraktion des Farbstoffes zu verhüten, hergestellt werden. Der zuerst abfließende Most dient zur Herstellung der feinsten Sorten. Der Most wird zunächst einige Zeit stehen gelassen, um durch Absetzen von gröberen Verunreinigungen befreit zu werden, (Berührung mit Luft befördert die Abscheidung von Schleim- und Eiweißstoffen), nach beendeter Hauptgärung zum Zweck der Klärung kalt gelagert und erst nach wiederholten Abstichen, wenn er klar bleibt, zur Herstellung gewünschter Geschmackstypen mit anderen Weinen verschnitten (Coupage). Dieser Verschnitt (Cuvée) erhält nun einen Zusatz von Zucker (Likör), worauf der Wein auf Flaschen abgefüllt und die Gärung in verschlossener Flasche mit Reinhefe eingeleitet wird. Die Hefe muß unter hohem Druck (bis zu 5 Atmosphären) gärkräftig sein und sich nach erfolgter Gärung dicht und fest absetzen. Die Gärung wird bei etwa 15^0 eingeleitet, bei 10^0 zu Ende geführt, wonach der Wein noch einer längeren Lagerung überlassen bleibt, um sich vollkommen zu klären. Während der Gärung liegen die Flaschen horizontal, sie werden sodann mit dem Halse nach unten langsam aufgerichtet und durch tägliches Schütteln das Depot im Halse der Flasche angesammelt, bis endlich die Flaschen auf dem Kopfe stehen. Ist der Wein vollständig klar geworden (vin brut), so wird nach geschickt und rasch ausgeführtem Entfernen des Korkes (Degorgieren*)) das Depot durch den Druck in der Flasche herausgeschleudert, die letzten Hefereste an der Wand des Halses mit dem Finger entfernt und der nunmehr klare, hefefreie Wein, der geschmacklich noch lange nicht dem entspricht, was der Konsument vom Schaumwein erwartet, mit dem Dosierungslikör versetzt, nachdem durch Ausgießen aus der Flasche (Dechargieren) für diesen Zusatz Raum geschaffen wurde. Dieser Likör besteht im wesentlichen aus einer Lösung von Kandiszucker in Wein oder Kognak, und enthält außerdem noch Zusätze von feinen Dessertweinen usw. Zusammensetzung und zuzusetzende Menge dieses Likörs wechseln je nach dem Geschmack, der dem Schaumwein erteilt werden soll.

Man unterscheidet süße und trockene Schaumweine je nach dem Zuckergehalt, der bei süßen Weinen etwa 4—20 Proz., bei den nichtsüßen (Vins extraées, Extra Dry, und den Vins secs oder Dry) 0,01—2 Proz. beträgt.

---

*) Degorgieren nach Wolfaud durch Gefrierenlassen des Weines im Flaschenhals.

Nach dem Kohlensäuredruck unterscheiden sich die französischen Marken Grand-Mousseux mit $5^1/_2$, Mousseux mit 5, und die geschützten Crémonts ebenso wie die besseren Sorten deutscher Schaumweine mit $4^1/_2$ Atmosphären.

2. Imprägnierverfahren. Das durch Einpumpen von Kohlensäure in fertige, mit Dosierungslikör versetzte flaschenreife Weine übliche Verfahren dient meist zur Herstellung billiger Sorten. Es erspart das Degorgieren sowie das nachträgliche Dosieren, ebenso auch den Ausbau des Weines auf der Flasche. Auch diese Produkte werden nach dem Zuckergehalt unterschieden in Extra Dry usw., im allgemeinen enthalten sie aber mehr Zucker als die entsprechenden Flaschengärungsweine. Zu bemerken ist noch, daß zu ihrer Herstellung sowohl gasförmige als flüssige Kohlensäure angewendet wird.

Die chemische Zusammensetzung der Schaumweine ist je nach Art der Rohweine, des Zuckerzusatzes und der Dosierung verschieden, ein Rückschluß auf den ursprünglichen Wein ist durch die Zusätze sehr erschwert. Auch der Alkoholgehalt schwankt innerhalb weiter Grenzen, etwa zwischen 8—12 Proz.

Die Liköre bestehen heute zumeist nur in einer Auflösung von Zucker in Wein und Kognak. Die Qualität des Ausgangsmaterials und die Behandlung (Ausbau) sind für die Güte des Weines maßgebender als der Likör, der manchmal auch mit Bukettstoffen versetzt wird.

Obstwein [64].

Die Obstweine, besonders Äpfel- und Birnenweine sind heute zu einem wichtigen, weit verbreiteten Genußmittel geworden und sicherlich berufen, eine große Zahl minderwertiger Produkte ähnlicher Art zu verdrängen. Über das Ausgangsmaterial ist bei Besprechung der Obstsorten (Seite 275) das Wichtigste gesagt worden. Die Herstellung des Obstmostes geschieht in gleicher Weise wie die des Traubenmostes, nur ist wegen des geringeren Saftreichtums der Äpfel mehrmaliges Pressen nach wiederholtem Auflockern des Preßkuchens auszuführen. Zusatz von Wasser zu dem Preßkuchen soll nur bei Herstellung von Haustrank gestattet sein.

Die Gärung wird, da der Most nicht sehr hefereich ist, zweckmäßig mit Reinhefe beschleunigt, wodurch auch reintönigere, weinähnlichere Weine erhalten werden. Zuckerzusatz findet meist nur bei den sauren Säften der Johannisbeeren, Kirschen, Stachelbeeren, Heidelbeeren statt (Beerenweine). Gärverlauf und Kellerbehandlung ist im allgemeinen ähnlich wie bei den Traubenweinen, der Säurerückgang tritt meist energischer ein als bei Traubenweinen. Die Zusammensetzung der Äpfel- und Birnenweine unter-

	Spez. Gew.	Alkohol	Extrakt	Gesamtsäure (Apfelsäure)	Flüchtige Säure (Essigsäure)	Gerbstoff	Zucker	Glyzerin	Mineralstoffe	Kali	Phosphorsäure	Schwefelsäure
Deutscher Apfelwein . . .	1,0019	5,09	2,52	0,63	0,04	0,04	0,21	0,47	0,27	0,14	0,018	0,013
Steirischer „ . . .	1,0054	4,38	3,26	0,52	0,11	0,06	0,95	0,38	0,31	—	0,019	0,035
Deutscher Birnenwein . .	1,0102	5,22	4,65	0,61	0,05	0,08	0,33	0,37	0,32	0,17	0,022	—
Österreich. „ . .	1,0060	4,81	3,55	0,52	0,14	0,11	0,34	0,36	0,33	—	0,026	0,022

scheidet sich, abgesehen von dem geringen Alkoholgehalt und dem Fehlen der Weinsäure, nicht wesentlich von der der Traubenweine, wie vorstehende, dem bekannten Werke von König (König, Die menschl. Nahrungs- und Genußmittel, 4. Aufl., 1904, S. 1327) entnommene Analysen ersehen lassen.

Der Birnenwein wird seines meist hohen Extraktgehaltes wegen in betrügerischer Weise manchmal zur Fälschung gestreckter Traubenweine benützt, von denen er auch geschmacklich nicht immer zu unterscheiden ist.

Äpfelwein dient zur Herstellung der in letzter Zeit vielfach in den Verkehr kommenden Äpfelschaumweine, sowohl nach dem Flaschengärungs- als dem Imprägnierungsverfahren, ersteres ist aber für Obstschaumweine zu teuer.

Die Äpfelschaumweine sollen etwa 8 g Alkohol enthalten, der Most muß daher gezuckert werden. Der Most soll aus ausgereiften, aber doch sauren Äpfeln kommen, da geschmacklich ein gewisser Säuregehalt gewünscht wird. Einem natürlichen Mangel kann durch Zusatz von Zitronensäure abgeholfen werden. Weinsäurezusatz ist wegen Weinsteinbildung nicht zu empfehlen.

Die Bestandteile des Weines und ihre Bestimmung. Von den im Moste vorkommenden Zuckerarten finden sich in vergorenen Weinen meist nur Spuren von Dextrose und Lävulose, und zwar in der Regel mehr Lävulose als Dextrose, da diese rascher vergärt, weil nach Prior [65] und Knecht [66] das Diffusionsvermögen der Dextrose größer ist als das der Lävulose, außerdem Inosit und Arabinose [67], die wahrscheinlich Zuckerreaktionen in vollständig vergorenen Weinen vortäuscht. Von Säuren sind nachgewiesen Weinsäure, Äpfelsäure, Gerbsäure, Spuren von Bernsteinsäure, in manchen Jahrgängen sehr geringe Mengen von Salizylsäure (weniger als 1 mg im Liter), dann im Safte unreifer Beeren Glykolsäure und Glyoxylsäure. Das Vorkommen von Zitronensäure ist unwahrscheinlich. Auch die Salze des Mostes bleiben im Wein erhalten, es sind dies die Kali-, Natrium-, Kalk-, Magnesia- und Mangansalze der organischen und Mineralsäuren: Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure, manchmal auch der Borsäure, ferner Chloride und geringe Spuren von Fluorverbindungen. Der Natriumgehalt ist gering.

Von Riechstoffen finden sich ätherische Öle und manchmal das aus den Traubenkernen stammende Vanillin.

Gleichfalls aus dem Moste stammen Lezithin [68], Eiweißstoffe und ihre Abbauprodukte, Albuminosen, Peptone, Aminoverbindungen und Ammoniaksalze, ferner die Umwandlungsprodukte des Chlorophylls und anderer Farbstoffe, Gummi, Wachsarten, Fette, Pektinstoffe und endlich Querzitrin und andere aromatische Verbindungen und Stoffe noch unbekannter Zusammensetzung.

Von den Bestandteilen des Weines, die sich bei der Gärung und dem Ausbau des Weines bilden, sind neben dem Äthylalkohol zu nennen: Isobutylalkohol ($C_3H_7 \cdot CH_2 \cdot OH$), normaler Propylalkohol ($CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot OH$), Gärungsamylalkohol ($C_5H_{11} \cdot OH$), Hexylalkohol ($C_6H_{13} \cdot OH$), Heptyl-(Önathyl-) alkohol ($C_7H_{15} \cdot OH$), wie auch das zweiwertige Isobutylenglykol ($C_4H_8.(OH)_2$) und Glyzerin ($C_3H_5 \cdot (OH)_3$), dieses als Stoffwechselprodukt der Hefe. Von Säuren ist als wichtiges Gärungsprodukt zu erwähnen die Bernsteinsäure, ferner Essigsäure, Buttersäure, Ameisensäure und die höheren Fettsäuren, Önanthsäure, Caprin-, Capryl-, Capron- und Pelargonsäure, in kranken

Weinen auch Propionsäure und Valeriansäure. Als wichtiges Spaltungsprodukt der Äpfelsäure wurde bereits oben die Milchsäure besprochen. Auch die verschiedenen Ester, Aldehyde und Azetale fanden in dem Abschnitt „Ausbau des Weines“ ausführliche Erwähnung.

Die von Reisch [69] und von Guerin [70] aus Rot- und Weißweinen isolierte alkaloidähnliche, stickstoffhaltige Base ist wahrscheinlich ein Umsetzungsprodukt des Hefeeiweißes.

Untersuchung des Mostes und des Weines. Die Untersuchung des Mostes für praktische Zwecke beschränkt sich in der Regel auf die Feststellung des spezifischen Gewichtes mittels Aräometers (Mostwage nach Öchsle) und des Säuregehaltes durch Titration mit einer Normallauge. Das spezifische Gewicht wird in Öchslegraden angegeben, z. B. 1,060, 1,112 = 60° bzw. 112° Öchsle. Da der überwiegende Mostbestandteil Zucker ist, so kann annähernd aus dem spezifischen Gewicht auf den Zuckergehalt geschlossen werden. 10° Öchsle entsprechen etwa 2 Proz. Zucker, die Ermittlung des spezifischen Gewichtes ist daher eine indirekte Zuckerbestimmung, sie ist nicht genau, weil das Verhältnis von Zucker zum Nichtzucker (2,5—4,2 Proz.) im Moste ein wechselndes ist.

In angegorenen Mosten, deren spezifisches Gewicht durch den Alkohol und den verschwundenen Zucker abgenommen hat, kann das ursprüngliche Mostgewicht durch Bestimmung des Alkoholgehaltes oder Bestimmung des spezifischen Gewichtes des entgeisteten Mostes [71] folgendermaßen ermittelt werden.

1. Spezifisches Gewicht des angegorenen Mostes z. B. 1,0804
" " " Destillates 0,9982

Differenz daraus + 1 = 1,0822 = dem spezifischen Gewicht des entgeisteten Mostes. Dieses Gewicht ist um das der Menge des verschwundenen Zuckers entsprechende Gewicht zu niedrig, die Verminderung beträgt für 1 g Zucker in 100 ccm Most 3,75° Öchsle. Da aus 1 g Zucker 0,485 g Alkohol entstehen, so sind für 1 g Alkohol 1,27° Öchsle zuzuzählen, im obigen Beispiel daher $82{,}2 + 0{,}94 \times 7{,}73 = 89{,}47$, weil dem spezifischen Gewicht des alkoholischen Destillates 0,94 g Alkohol entsprechen.

2. Einfacher ist folgende Berechnung:

direkt gefundene Öchslegrade	80,4
+ 10fache Alkoholmenge	9,4
	89,8

1 g Alkohol annähernd gleich 2 g Zucker = 10° Öchsle.

Die genaue Zuckerbestimmung ist nach Meißl [72] auszuführen.

Die Bestimmung der Trockensubstanz erfolgt aus dem spezifischen Gewicht des Mostes mit Hilfe der von Halenke-Möslinger auf Grund genauer Versuche berechneten Tabelle, oder durch Multiplikation der gefundenen Öchslegrade mit 0,2637 (a. a. O.).

Bezüglich der Bestimmung der Gesamtsäure, der Weinsäure, der freien Weinsäure, der Mineralbestandteile (Veraschen), der Alkalität der Asche muß auf die angeführte Arbeit von Halenke-Möslinger verwiesen werden.

Untersuchung des Weines. Für die Untersuchung des Weines bestehen amtliche Vorschriften [73], deren Umfang eine Wiedergabe an dieser Stelle ausschließt. Da diese im Buchhandel (Karl Heymanns Verlag, Berlin) zu erhalten sind, so kann hierauf verwiesen werden. Wenn diese Vor-

schriften auch heute noch für Deutschland maßgebend sind, so entsprechen sie doch nicht mehr so ganz dem augenblicklichen Standpunkt der Weinchemie. Es ist daher eine Neubearbeitung in Aussicht genommen, die in nicht zu ferner Zeit erscheinen dürfte. Bezüglich der in die amtliche Anleitung nicht aufgenommenen oder neu hinzugekommenen Untersuchungsmethoden sei auf das eben erschienene Handbuch des Weinbaues und der Kellerwirtschaft von Babo und Mach, herausgegeben von J. Wortmann [74], und andere Hand- und Lehrbücher für Nahrungsmittelchemie und Weinchemie [75], hingewiesen.

Literatur:

1) Gesetz, betr. den Verkehr mit Wein, weinhaltigen, weinähnlichen Getränken vom 7. April 1909.
2) Mach u. Portele, Weinlaube 1879, **11**, 207; Böttinger, Reifestudien. Chem.-Ztg. 1898, **22**, 138 usf.
3) Mach u. Portele, Weinlaube ebenda.
4) Kritische Studien über die Methoden zum Nachweis fremder Farbstoffe im Wein. Hilger, Mitt. pharm. Inst. Erlangen. München, M. Rieger, 1889, 2. Heft.
5) Arbeiten d. Kaiserl. Ges.-Amt 1889, **5**, 618; 1894, **9**, 78.
6) Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch. 1888, **21**, 1746.
7) Lehrbuch der Gärungschemie 1874, S. 125.
8) Biochem. Ztschr. **1**, 8, 196 u. Ztschr. d. Ver. f. Zuckerind. 1906, S. 840.
9) Weinb. Weinh. 1902, **20**, 519 usf.
10) Wochenschr. f. Brauerei 1903, S. 269.
11) Wortmann, Wissenschaftliche Grundlegung der Weinbereitung und Kellerwirtschaft, S. 118.
12) Brefeld, Landw. Jahrb. **5**, 319.
13) Theorie der Fermentwirkungen, Berlin 1888.
14) Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch. 1897, **30**, 119, 1110; 1898, **31**, 209, 568, 1185; 1899, **32**, 127, 2086; 1900, **33**, 266, 971, 3307; 1901, **34**, 1523.
15) Buchner u. Meisenheimer, ebenda 1905, **38**, 622, 1905.
16) Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 1908, **26**, 666; Chem.-Ztg. 1909, **32**, Rep. 153.
17) P. G. Kohl, Die Hefepilze. Leipzig 1908.
18) Prior, Chemie u. Physiologie des Malzes u. Bieres. Leipzig 1896, Ambr. Barth, 73; Knecht, Dissert. Erlangen 1901.
19) Cuboni, Staz. sperim. agrar. ital. **15**, 548.
20) Ber. d. Weinbauschule Klosterneuburg 1907.
21) Compt. rend. 1897, **125**, 452.
22) Ebenda 1902, **134**, 119.
23) Staz. sperim. agrar. ital. **30**, 294.
24) Weinl. 1881, **13**, 28.
25) Omeis, Z. U. N. 1903, **6**, 116; Biernacki, Chem. Centralbl. 1891, **2**, 31; Krüger, Centralbl. f. Bakt. Parasitenk. 1895, **2**, 10; Seifert, Ber. Versuchsstat. Klosterneuburg 1900, 41.
26) Ztschr. landw. Versuchsw. Österr. 1906.
27) 5.—7. Jahresber. Versuchsstat. Wädensweil 1894/95, 1895/96.
28) Jahresber. Weinbauschule Geisenheim 1893.
29) Wissenschaftliche Grundlagen, Weinbereitung und Kellerwirtschaft. Berlin 1905, P. Parey, S. 118.
30) Ebenda.
31) Neßler-Windisch, Bereitung und Pflege des Weines. Stuttgart 1908, S. 289.
32) Ber. d. landw. Versuchsst. Kolmar 1904—1906.
33) Über die Säureabnahme im Wein. Ztschr. f. landw. Versuchsw. in Österr. 1901, **4**; 1903, **6**.
34) A. Koch, Weinb. u. Weinh. 1900, **18**, 395; Möslinger, Z. U. N. 1901, **4**, 1120; Kulisch, Centralbl. Agric. Chem. 1900, S. 53; Mitt. Deutsch. Weinb.-Ver. 1909; Seifert, Z. U. N. 1908, **15**, 749; Rosenstiehl, Chem.-Ztg. 1908, **32**, 1018; Mestre-

zat, Z. U. N. 1909, **18**, 560; K. Windisch, Chem. Vorgänge beim Werden des Weines. Festschr. (hier ausführliche Literaturangaben), Stuttgart 1906.
35) Ordeneau, Compt. rend. 1886, **102**, 217; Morin, ebenda 1888, **105**, 1019; K. Windisch, Arb. d. Kais. Ges.-Amts 1892, **3**, 140; 1895, **11**, 235, 1898; **14**, 309.
36) Jacquesmin, Compt. rend. 1897.
37) Mach u. Portele, Weinb. 1883, **15**, 565.
38) Z. U. N. 1899, **2**, 674.
39) Wissenschaftl. Grundlagen der Weinbereitung.
40) Z. U. N. 1904, **3**, 279.
41) Bereitung und Pflege des Weines, S. 42.
42) Weinb. u. Weinh. 1894, **12**, 96.
43) Kulisch, ebenda 1896, **14**, 200.
44) Staz. sperim. agrar. ital. 1906, **38**, 978.
45) Ebenda 1902, **35**, 714.
46) Anleitung zu mikroskop. Unters. u. Reinzüchtung d. am häufigsten vorkommenden Pilze. Stuttgart 1902, E. Ullmann.
47) Ber. chem.-physiol. Versuchsst. Klosterneuburg 1902, S. 27.
48) Forschungsber. 1897, **4**.
49) Jahresber. chem.-physiol. Versuchsst. Klosterneuburg 1899.
50) Landw. Jahrb. 1900, **20**, 629.
51) Weinb. u. Weinh. 1899, **17**, 194, 311.
52) Annal. Inst. Pasteur 1894, **8**, 108; 1901, **15**, 524; Hilgers Vierteljahresschr. 1894, **9**, 88; Z. U. N. 1902, **5**, 515.
53) Jahresber. Kgl. Lehranstalt Geisenheim 1898.
54) Seifert, Ber. d. chem. physiol. Versuchsst. Klosterneuburg 1900, S. 300; Wortmann, Weinb. u. Weinh. 1902, **20**, 251; Ostenwalder, ebenda 1903, **21**, 169; Schauder, Jahresber. angew. Botanik 1903/4.
55) Arb. d. Kaiserl. Ges.-Amt. 1908, **29**, 1.
56) Weinb. u. Weinh. 1904, **22**, 2, 33.
57) Staz. sperim. agrar. ital. 1900, **33**, 525.
58) Österr. Chem.-Ztg. 1898, **1**, 381, 413.
59) Journ. prakt. Chem. 1892, **46**, 428.
60) Arb. d. Kaiserl. Ges.-Amt. 1904, **21**, 141; Z. U. N. 1904, **8**, 53.
61) Zeitschr. landw. Versuchsw. Österr. 1906.
62) Beiträge zur Kenntnis der Süd- und Süßweine, W. Fresenius (Zeitschr. anal. Chem. 1897, **36**, 108 usw.); Die deutschen Ausleseweine, P. Kulisch, Zeitschr. f. angew. Chem. 1895, S. 44; Über Tokayer Weine: L. Rösler, Zeitschr. anal. Chem. 1895, **34**, 354; M. Barth, Forschungsber. 1896, **3**, 20; E. László, Zeitschr. angew. Chem. 1897, S. 173; Th. Kosutany, Chem.-Ztg. 1898, **22**, 794; Szilágy, Chem.-Ztg. 1903, **27**, 681; Malvasiaweine: M. Barth, Forschungsber. 1896, **3**, 32; J. Boes, Pharm. Ztg. 1902, **47**, 131; Malagaweine: B. Haas, Mitt. Klosterneuburg 1888; Über Sherry- u. Malagaweine: X. Rocques, Z. U. N. 1905, **9**, 112; Vini cotti: P. Paris, Z. U. N. 1898, **1**, 164; Griechische Weine: Barth, siehe oben; List, Forschungsber. 1896, **3**, 81; Marsalaweine: Fresenius, siehe oben; Sherryweine: Fresenius, siehe oben; Rocques, siehe oben; Filandeau, Zusammensetzung und Darstellung, Pharm. Zeitschr. 1909, **50**, 898; Portwein: Fresenius, siehe oben; Ferreira da Silva, Z. U. N. 1906, **11**, 38; Madeira: Fresenius, siehe oben; Toms u. Mannich, Ber. d. Deutsch. pharm. Ges. 1901, **11**, 91.
63) L. Grünhut, Zeitschr. f. analyt. Chem. 1898, **37**, 232; P. Kulisch, Zeitschr. f. angew. Chem. 1898, S. 573, 610; L. Grünhut, Weinb. u. Weinh. 1898, **16**, 353; Rosenheim u. Schidrowitz, Z. U. N. 1900, **3**, 714; Dal Piaz, Champagnerfabrikation, A. Hartleben, Wien 1892.
64) R. Meißner, Die Obstweinbereitung, Stuttgart 1911, E. Ulmer; A. Klaß, Die Apfelweinbereitung, ebenda 1901; E. Hotter, Beiträge zur Obstweinbereitung, Zeitschr. landw. Versuchswes. Österr. 1902; J. Wortmann, Reine Weinhefen b. der Apfelweinbereitung, Weinb. u. Weinh. 1893, **11**, 463; E. Hotter, Versuche und Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Weinhefen auf die Vergärung des Apfelmostes, Jahresber. Obstverwertung, Steiermark 1894; E. Hotter, Bedeutung von gezüchteten Weinhefen für die Apfelweinbereitung, Jahresber. Vers.-Stat. Mittel-

steiermark; P. Kulisch, Herstellung von Obstwein nach d. Diffusionsverfahren, Landw. Jahrb. 1894, 23, 623; P. Kulisch, Zusammensetzung der Apfel- und Birnenweine, Landw. Jahrb. 1890, 19, 83; P. Kulisch, Beiträge zur Kenntnis der chem. Zusammensetzung der Äpfel und Birnen unter besonderer Berücksichtigung ihrer Verwertung und Obstweinbereitung, Landw. Jahrb. 1892, 21, 427; P. Kulisch, Über den Einfluß des Nachreifens auf die Zusammensetzung der Moste und die Qualität der Äpfelweine, Ber. der Lehranstalt Geisenheim a. Rh. 1899—1900; Obstwein und Holzäpfel, Landw. Versuchsstat. Tabor, Chem. Zentralbl. 1889, 1, 405; Fr. Farsky, Zusammensetzung von Obstweinen aus Holzäpfeln, Chem. Zentralbl. 1889, 1, 119; H. Formanek u. O. Laxa, Beitrag zur Kenntnis der Obst- und Beerenweine, Z. U. N. 1899, 2, 401; E. Reichardt, Johannisbeerwein und Obstwein, Zeitschr. Nahrungsm.-Unters. u. -Hyg. 1891, 5, 21; E. Hotter, Das Klären der Obstweine, Landw. Mitt. f. Steiermark 1899, S. 21; J. Kehlhofer, Beobachtungen u. Vervollkommnungen in der Obstweinklärung, 4. Jahresber. Versuchsstat. Wädensweil 1895; J. Warkollier, Über die Herstellung von süßem Apfelwein, Compt. rend. 1905, 140, 1711; Z. U. N. 1906, 12, 1192; H. Müller-Thurgau, Über den Einfluß der schwefligen Säure auf die Entwicklung und Haltbarkeit der Obstweine, Zentralbl. f. Bakteriolog., 2. Abt. 17, 11; H. Müller-Thurgau, Vergärung von Mosten aus genügend reifem Obst, Chem.-Ztg. 1906, 30, Rep. 77.

65) Chemie u. Physiolog. des Malzes und Bieres. Leipzig 1896, Ambr. Barth, 73 S.

66) Dissertat. Erlangen 1901.

67) Weiwers, Dissertat. Aachen, Chem.-Ztg. 1906, 30, II, 292.

68) Weirich u. Ortlieb, Chem.-Ztg. 1904, 23, I, 153.

69) Jahresber. chem.-physiol. Versuchsst. Klosterneuburg 1901, S. 1.

70) Journ. pharm. Chem. 1898, 7, 212.

71) Halenke-Möslinger, Zeitschr. analyt. Chem. 1895, 34, 263.

72) Ebenda, 1893, 32, 650.

73) Erlaß des Reichskanzlers vom 25. Juni 1896, nach den Beschlüssen des Bundesrats.

74) II. Band, 4. Auflage, Berlin 1910, P. Parey.

75) Analyse des Weines, Borgmann-Fresenius, Wiesbaden 1898. Kreidels Verlag; Karl Windisch, Die chem. Unters. u. Beurteilung d. Weines. Berlin 1896. J. Springer; Lehrbuch d. Nahrungsmittelchem., H. Röttger. Leipzig 1907. Ambrosius Barth.

Bier.

Bier ist ein durch weinige Gärung aus Gerstenmalz oder für bestimmte Biersorten auch aus Weizenmalz unter Zuhilfenahme von Wasser, Hopfen und Hefe hergestelltes, noch in schwacher Nachgärung befindliches Getränk, das neben Alkohol und Kohlensäure noch geringe Mengen unvergorener, aber teils noch vergärbarer Extraktstoffe enthält [1].

Rohmaterialien.

Brauwasser. Im allgemeinen werden an die Beschaffenheit des Wassers, welches zu Mälzerei- und Brauereizwecken dienen soll, dieselben Ansprüche gestellt wie an ein gutes Trinkwasser; jedoch ist zu beachten, daß wohl meist gutes Trinkwasser auch den Anforderungen eines guten Brauwassers genügt, daß aber nicht jedes gute Brauwasser die Eigenschaften des Trinkwassers besitzt, z. B. bezüglich der Härte.

Brauwasser soll klar, farb- und geruchlos sein, keine in Zersetzung begriffenen Abfallstoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprungs oder viel von deren Oxydationsprodukten enthalten und frei oder fast frei von Eisenverbindungen sein, sowie frei von Keimen, welche in Malzwürzen und Bier entwicklungsfähig sind.

Während man für Genußzwecke nicht zu weiches und nicht zu hartes

Wasser bevorzugt, liebt man in der Mälzerei besonders das harte Wasser, und auch in der Brauerei werden gern harte Wässer verwendet. Ausnehmend harte Wässer, namentlich wenn dieselben viel $CaSO_4$, $MgSO_4$, $CaCl_2$, $MgCl_2$ enthalten, auch stark kochsalzhaltige Wässer sind zu verwerfen. Die aus solchem Wasser hergestellten Biere sollen gesundheitliche Störungen (Magenkatarrhe) hervorrufen [2].

Nach Schwackhöfer [3] soll ein zum Brauen geeignetes Wasser nicht unter 10 und nicht über 30 Härtegrade besitzen, entsprechend 100—300 mg Kalk oder dessen äquivalente Menge Magnesia im Liter. Die Grenzen liegen also ziemlich weit auseinander. So sind z. B. die Münchener Brauereiwässer sehr hart, die Pilsener sehr weich, und beide liefern ein gleich ausgezeichnetes Bier.

Der Gehalt an Bikarbonaten von Kalk und Magnesia soll für das Einweichen der Gerste insofern günstig sein, als er die Lösung von Proteinstoffen und Phosphorsäure vermindert, dagegen nachteilig, weil er den Weichvorgang verlangsamt. Auf den Gärvorgang können die Bikarbonate keinen Einfluß ausüben, weil sie beim Kochen der Würze als unlösliche Monokarbonate ausfallen und in die Treber übergehen.

Ein mäßiger Gehalt an Kalziumsulfat gilt als vorteilhaft. Er verhindert in der Mälzerei eine zu weitgehende Auslaugung wertvoller Bestandteile des Gerstenkornes und begünstigt beim Würzekochen die Bruchbildung, indem er zu einer grobflockigen Abscheidung der später nachteilig wirkenden koagulierbaren Eiweißstoffe beiträgt. Auch für das Wässern der Hefe wirkt ein gipshaltiges Wasser günstig, insofern es die Hefe mit dem als Nährstoff unentbehrlichen Kalk versorgt und einer Degenerierung derselben, wie sie bei kalkarmem Wasser leicht eintreten kann, vorbeugt. In Anerkennung dieser Bedeutung des Gipsgehaltes härtet man in England weiche Wässer durch Zusatz von gemahlenem Gipsstein, ein Verfahren, das nach dem Ort der ersten Anwendung, der Stadt Burton, als Burtonisieren bezeichnet wird.

Eisenverbindungen in größeren Mengen werden für die Brauerei als störend angesehen, weil sie mit dem Gerbstoff des Hopfens Verbindungen eingehen und diese dann Mißfärbungen der Würze und des Bieres hervorrufen [4]. Nach anderer Anschauung speichert sich das Eisen in der Hefe auf, bewirkt durch allmähliche Schwächung derselben Gärungsstörungen und erteilt dem Biere einen schlechten, faden Geschmack; die Biere neigen zum Umschlagen und zur Hefetrübung [5]. Ist das Eisen als kohlensaures Eisenoxydul vorhanden, so läßt es sich durch Lüftung als Oxydhydrat ausscheiden und durch Filtration entfernen.

Größere Mengen von salpetriger Säure und Ammoniak, Chlor, Alkalien, Phosphorsäure und organischer Substanz — Anzeichen einer Verunreinigung des Wassers durch in Zersetzung begriffene tierische Abfallstoffe — üben zwar nicht immer einen schädlichen Einfluß auf den Keimungs- und Brauprozeß aus, Ammonsalze gelten sogar als Nährstoffe der Hefe; allein ein derart verunreinigtes Wasser begünstigt Schimmelbildung auf der Tenne und enthält ferner Mikroorganismen, welche durch ihre Fähigkeit, sich in Würze und Bier zu entwickeln, schwere Betriebsstörungen veranlassen können. Wenn auch diese Organismen beim Kochen des Wassers unschädlich gemacht werden, so wird doch die Würze bei Verwendung solchen Wassers zum Wässern der Hefe, Reinigen der Gärgefäße und -räume, Nach-

füllen der Lagerfässer usw. aufs neue infiziert. Schließlich ist die Verwendung verunreinigten Wassers (aus Wasserlöchern, Weihern) unappetitlich. Für Brauzwecke bestimmte Wässer sind stets auf die Anwesenheit in Würze oder Bier entwicklungsfähiger Keime (Schimmel-, Sproß- und Spaltpilze) zu prüfen; diese biologische Untersuchung erfolgt nach E. Chr. Hansen [6].

Nach H. Seyffert ist das Wasser, insbesondere das Weichwasser, nicht nur für die normale Entwicklung der Hefe, sondern auch für den ganzen Charakter des Bieres ausschlaggebend; zur Erzeugung eines bestimmten Biertypus ist ein Weichwasser von bestimmter typischer Zusammensetzung erforderlich. Zur Herstellung heller Biere eignen sich mäßig gipshaltige Wässer, nicht erwünscht sind Wässer mit hohem Gehalt an kohlensaurem Kalk wegen ihrer Alkalität (Lösung gewisser Hopfenbestandteile, Dunkelfärbung des Bieres). Biere aus hartem Wasser schmecken kerniger als solche aus weichen Wässern. Für Herstellung dunkler Biere sind mäßige Mengen Kochsalz im Brauwasser erwünscht.

Es ist demnach jedes Wasser, welches klar, farb- und geruchlos ist, nicht übermäßig viel Chlornatrium, Chlorkalzium und Chlormagnesium enthält, frei von Eisen ist und bei der biologischen Untersuchung ein günstiges Resultat ergibt, als für Brauzwecke geeignet anzusehen.

Als Braugerste dient hauptsächlich die zweizeilige Gerste, Hordeum distichum. Eine gute Malzgerste soll aus gleichmäßig großen, wohlausgebildeten, dickbauchigen Körnern bestehen. Die strohigen Hülsen (Spelzen) sollen eine hellgelbe, gleichmäßige Färbung besitzen und dünn sein, der Geruch der Gerste sei frisch, strohartig, nicht dumpf.

Da für die Bierbereitung eine hohe Extraktausbeute aus dem Malze maßgebend ist und diese wesentlich von dem Stärkegehalt der Gerste abhängt, so gelten die stärkereichsten Gersten als die besten. Stärkereiche Gersten sind aber meist arm an Protein, so daß also der Brauer eine an Stärke reiche und an Protein arme Gerste bevorzugt. Ein weiteres Kriterium für die Brauchbarkeit einer Gerste bildet die Keimfähigkeit: von 100 Körnern einer guten Gerste sollen mindestens 96 keimfähig sein.

Chemische Zusammensetzung einer guten Braugerste nach C. J. Lintner [7]:

Wasser	Protein	Stärke	Sonstige stickstofffreie Extraktivstoffe	Fett	Holzfaser	Asche
14,5 Proz.	9 Proz.	62 Proz.	4,5 Proz.	2,5 Proz.	5 Proz.	2,5 Proz.

Von den organischen Bestandteilen bestimmten Clifford-Richardson noch näher:

Zucker (Dextrose, Maltose) . . .	6 Proz.
Dextrin usw.	3 Proz.
Stärke	65 Proz.

Der Gehalt der Gerste an löslichen Eiweißkörpern liegt zwischen 3 und 8 Proz. Unter den löslichen Stickstoffverbindungen befinden sich auch die Enzyme; sie sind nur in geringer Menge vorhanden. Die Diastase der Gerste [8] kann wohl gelöste Stärke verzuckern, aber ungelöste Stärke nicht lösen, weshalb sie auch Translokationsdiastase genannt wird zum Unterschied von der Diastase des Malzes, der Sekretionsdiastase, welche

erst bei der Keimung sezerniert wird und welcher neben der verzuckernden auch eine lösende Wirkung auf Stärke zukommt. Nach Cuisinier [9] enthält die Gerste auch Glykase, welche aus Maltose Dextrose bildet, unveränderte Stärke aber nicht zu verflüssigen vermag. Beyerink bestreitet dieses Vorkommen der Glykase in der Gerste; im Malze ist sie sicher nachgewiesen. In unreifer, feuchter Gerste, sowie in der keimenden Gerste findet sich die Invertase; die eiweißspaltende Peptase ist oft, aber nicht immer in der Gerste vorhanden, während die zellstofflösende Zytase nicht nachgewiesen ist.

Amide und Amidosäuren sind in ungekeimter Gerste nur in geringer Menge vorhanden, werden aber beim Keimprozeß reichlich gebildet.

Die beim Veraschen der Gerste zurückbleibenden Mineralstoffe sind hauptsächlich Kali (21 Proz.), Magnesia (8,8 Proz.), Kalk (2,6 Proz.), Kieselsäure (aus den Spelzen 26 Proz.) und Phosphorsäure (35 Proz.), welche zum Teil in das Bier übergehen [10]. Kali, Magnesia und Phosphorsäure sind wichtige Nährstoffe für die Hefe; H. Molisch [11] hält auch das Eisen für einen notwendigen Nährstoff; demnach ist der Eisengehalt der Gerstenasche (1,2 Proz.) nicht zu unterschätzen.

Die saure Reaktion des wäßrigen Gerstenauszuges, bisher der Milchsäure zugeschrieben, ist nach E. Prior [12] hauptsächlich durch die Anwesenheit primärer Phosphate bedingt, zum kleineren Teil durch flüchtige und fixe organische Säuren.

Untersuchung der Gerste siehe E. Prior, Chemie und Physiologie des Malzes und Bieres. Leipzig 1896, S. 51—85.

Als Rohmaterialien der Bierbrauerei kommen noch in Betracht: Weizen, gemeinsam mit Gerste, zu obergärigem Bier (Weißbier), Mais (in Amerika), Reis als Reismehl, Rohrzucker und Stärkezucker als Malzsurrogate für obergärige Biere (in Bayern, Württemberg und Baden verboten).

Unter Hopfen versteht man die unbefruchteten Fruchtzapfen der kultivierten weiblichen Hopfenpflanze Humulus Lupulus, einer Urticacee. Der Hopfen wird vor der natürlichen, bei der sogenannten technischen Reife Ende August geerntet; die gelblich erscheinende Dolde ist dann noch geschlossen, das Lupulin von schöner, hellgelber Farbe. Frisch gepflückter Hopfen enthält 60—75 Proz. Wasser. Dieser Wassergehalt wird durch natürliches Trocknen unter Vermeidung direkten Sonnenlichts oder durch künstliches Trocknen auf Hopfendarren tunlichst rasch auf 12—15 Proz. gebracht.

Der Hopfen wird in natürlichem Zustande leicht schimmelig und leidet dadurch in seinem Aroma. Um ihn längere Zeit aufzubewahren, wird der getrocknete Hopfen durch hydraulische Pressen fest gepreßt und in Säcken oder luftdichten Zinkkästen (auf Eis) aufbewahrt. Aber auch so hält sich der Hopfen nicht länger als ein Jahr unverändert. Um ihn noch haltbarer zu machen, wird er gleichzeitig geschwefelt, d. h. den Dämpfen der schwefligen Säure ausgesetzt. Hierdurch wird der eingeschlossene Sauerstoff absorbiert, das Wasser entzogen und das Wasseraufnahmevermögen vermindert; die Mikroorganismen werden vernichtet, die Doldenblätter etwas gebleicht, im übrigen aber die Farbe verbessert und dadurch die Beimischung geringwertigen oder im Verderben befindlichen Hopfens zu guter Ware ermöglicht.

Unter den chemischen Bestandteilen des Hopfens sind zu unterscheiden

die allgemeinen Pflanzenbestandteile, wie Stickstoffsubstanzen, Fett, stickstofffreie Extraktstoffe, Zellulose, Asche und die spezifischen, für die Bierbereitung wirksamen Bestandteile, hauptsächlich das Hopfenmehl oder Lupulin [13]. Dieses ist keine bestimmte chemische Verbindung, sondern ein Drüsensekret, der Träger verschiedener aromatischer und bitterer Hopfenbestandteile; seine Menge beträgt 6—17 Proz. Diese spezifischen Hopfenbestandteile sind das Hopfenöl (0,2—1 Proz.), die Hopfenbittersäuren, Hopfenharze, Hopfengerbsäure (1,3—5 Proz.) und Alkaloide.

Das Hopfenöl ist ein ätherisches Öl, welches jedem frischen Hopfen den ausgesprochen aromatischen Geruch verleiht. Zwar geht es beim Kochen der Würze zum größten Teile verloren; doch genügen die im Bier verbleibenden geringen Mengen, um das eigenartige Hopfenaroma hervorzurufen.

Bei den Hopfenbittersäuren sind mindestens zwei Säuren zu unterscheiden, wie sich aus ihren Oxydationsprodukten ergibt; so liefert z. B. die β-Säure Valeriansäure, ein Vorgang, der sich zuweilen auch beim Lagern abzuspielen scheint, was dann den käsigen Geruch schlecht gelagerten Hopfens veranlaßt. Beide Säuren entstehen wahrscheinlich durch Oxydation beim Kochen aus dem Hopfenharz [14]. Bei diesem sind drei Formen zu unterscheiden: zwei in Petroläther leicht lösliche Weichharze und ein festes sprödes, geschmackloses Harz, das in Petroläther unlöslich und für das Bier wertlos ist, während die beiden Weichharze allein dem Bier den gewünschten bitteren Geschmack geben; sie besitzen auch die wichtige Eigenschaft, im höchsten Grade hemmend auf die Milchsäurebakterien einzuwirken, verhindern also die schädliche Spaltpilzgärung.

Die Bedeutung der Hopfengerbsäure dürfte weniger in der konservierenden Wirkung durch Fällung der Eiweißstoffe aus der Bierwürze beruhen als in der Beeinflussung des Biergeschmackes und wahrscheinlich auch der Farbe.

Bezüglich der Alkaloide ist Greshoff [15] der Ansicht, daß der Hopfen ein flüchtiges Alkaloid enthalte, wogegen die Anwesenheit fester Alkaloide — „Hopein“ nach Williamson, „Lupulin“ nach Grießmayer — nicht erwiesen ist. Ferner wurden im Hopfen Cholin, Asparagin und Trimethylamin gefunden.

Die Hopfenasche ist reich an Kali und Phosphorsäure; sie enthält auch Borsäure, welche in geringer Menge in das Bier übergehen kann [16].

Berühmt sind die Hopfen aus Saaz (Böhmen), die bayrischen Hopfen aus Spalt, Altdorf und der Hollertau; auch in Baden, Württemberg und im Elsaß wächst guter Hopfen.

Untersuchung des Hopfens siehe E. Prior, Chemie usw. Leipzig 1896, S. 259—273.

Die in der Brauerei verwendete Hefe ist die Bierhefe, Saccharomyces cerevisiae, von welcher es zwei Arten gibt, Oberhefe und Unterhefe. Die Unterhefe bewirkt Gärung bei Temperaturen von 4—10° C, die Gärung dauert 8—10 Tage, die Temperatur steigt um 1,5—2,5° in dieser Zeit; die alte wie die neugebildete Hefe setzt sich auf dem Boden des Gärgefäßes als dichter Bodensatz ab. Die Oberhefe bewirkt Gärung bei 12—25° C; die Gärung verläuft stürmisch, sie ist in 2—3 Tagen zu Ende. Die neugebildeten Hefenzellen steigen an die Oberfläche und bilden dort eine schaumartige Decke. Die Oberhefe sproßt in größeren Verbänden, während die Unterhefe meist einzeln oder gepaart vorkommt. Nach neueren

Forschungen von Pasteur und Hansen sind die beiden Hefen zwei morphologisch verschiedene Varietäten, welche nicht ineinander übergeführt werden können und ganz verschiedene Eigenschaften besitzen.

Die chemische Zusammensetzung schwankt sehr je nach dem Alter, Ernährungszustand und der Nährflüssigkeit der Hefe. Wassergehalt 75 bis 83 Proz. Die Trockensubstanz einer untergärigen Hefe mit 8 Proz. Stickstoff hat die Zusammensetzung [17]:

Gewöhnliches Albumin	Glutenkaseinhaltige Körper	Peptone, durch Bleiessig fällbar
36 Proz.	9 Proz.	2 Proz.

Fett (meist Ölsäure)	Extraktivstoffe	Zellulose u. Pflanzenschleim	Asche
5 Proz.	4 Proz.	37 Proz.	7 Proz.

Die Kohlenhydrate der Hefe sind hauptsächlich Zellulose, dann Pflanzen- oder Pilzschleim, Glykogen und Hefengummi. In den Extraktivstoffen finden sich Leuzin, Traubenzucker, Bernsteinsäure, Lezithin, Cholesterin, Guanin, Xanthin, Sarkin, Spuren von Alkohol. Nach Hoppe-Seyler und A. Stutzer enthält die Hefe phosphorhaltiges Nuklein, welches den Hauptbaustoff des Zellkerns bildet [18].

Wichtig ist die große Anzahl der in der Hefenzelle vorhandenen Enzyme, das sind stickstoffhaltige, den Eiweißkörpern nahestehende oder aus diesen hervorgegangene Verbindungen, welche die in der Bierwürze enthaltenen Biosen, Rohrzucker und Maltose zu hydrolysieren (Hydrolysierungsenzyme) und durch Einfluß eines zweiten Enzyms in Alkohol und Kohlensäure zu spalten vermögen (Gärungsenzyme). Das bestgekannte Enzym der Bierhefe ist die Invertase, welche Rohrzucker in Dextrose und Lävulose spaltet Ferner enthält die Bierhefe das Enzym Hefe-Glukase oder Hefe-Maltase [19], welches Maltose in Glukose zerlegt, weiter das Enzym Hefe-Melibiase, welches die bei der Spaltung der Raffinose durch Invertase entstehende Melibiose in Hexosen spaltet [20].

Die größte Bedeutung nach der Invertase kommt dem von Buchner entdeckten Gärungsenzym Zymase zu, welches den Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegt, also die eigentliche Gärung bewirkt. Nach der Gleichung:



$$C_6H_{12}O_6 = 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2$$

müßten aus 100 Gewichtsteilen Zucker 51,11 Gewichtsteile Alkohol und 48,89 Gewichtsteile Kohlensäure gebildet werden. Balling erhielt aber aus 100 Gewichtsteilen Malzextrakt: 48,39 Gewichtsteile Alkohol, 46,28 Gewichtsteile Kohlensäure und 5,32 Gewichtsteile Hefe. Auf 1 Gewichtsteil Alkohol berechnet, ergibt sich also das Verhältnis:

1 Gewichtsteil Alkohol = 2,0665 Gewichtsteile Malz = 0,9563 Gewichtsteile CO_2 = 0,11 Gewichtsteile Hefe.

Auch Buchner hat bei der Gärung mit zellfreiem Hefepreßsaft annähernd gleiche Teile Alkohol und Kohlensäure erhalten.

Die Menge der Gärungsnebenprodukte beträgt nach Pasteur rund 5 Proz. des vergorenen Zuckers. Bei Luftabschluß und bei Gegenwart kräftiger Hefe sind Alkohol und Kohlensäure die einzigen Produkte der Gärung; beim Absterben der Hefe aber entstehen die Nebenprodukte Glyzerin, Bernsteinsäure, flüchtige Säuren (Essigsäure), verschiedenartige Geruchs- und

Geschmacksstoffe (Aldehyd). In der Praxis treten unter den Gärungsprodukten stets auch die Nebenprodukte in größerer oder kleinerer Menge auf; mit der Zymasegärung an sich haben diese Nebenprodukte anscheinend nichts zu tun. Außerdem erfolgen noch mehr oder weniger starke Nebengärungen, teils durch sogenannte wilde Hefen hervorgerufen, teils durch Spaltpilze, welche die Hefe verunreinigen, so der Milchsäure- und der Essigsäurepilz. Diese Nebengärungen veranlassen große Betriebsstörungen; sie lassen sich durch peinlichste Reinlichkeit vermeiden. Entartete Hefen müssen durch neue, in Reinzucht nach Hansen [21] gewonnene Hefen ersetzt werden.

Untersuchung der Hefe siehe E. Prior, Chemie usw. Leipzig 1896, S. 530—547.

Der Brauprozeß.

Der Brauprozeß zerfällt in: 1. die Malzbereitung, d. i. das Einweichen, Keimenlassen und Darren der Gerste; 2. die Herstellung der Würze, bestehend aus dem Maischen, Kochen, Hopfen und Kühlen der Würze; 3. das Vergärenlassen der gehopften Würze, Lagern des Bieres.

1. Unter Malz im allgemeinen versteht man gekeimtes Getreide, dessen Blatt- und Wurzelkeime durch einen künstlichen Vegetationsprozeß behufs Umwandlung eines Teiles der stickstoffhaltigen Getreidebestandteile in die Enzyme Cytase, Peptase und besonders Diastase bis zu einem entsprechenden Grade zur Entwicklung gebracht und durch einen Trocknungsprozeß nach Erreichung des gewünschten Vegetationsstadiums wieder abgetötet worden sind. Braumalz im besonderen ist getrocknetes und mehr oder minder geröstetes Gerstenmalz.

Der technische Prozeß der Mälzerei gestaltet sich folgendermaßen: die geputzte und sortierte Gerste wird in einem Bottich in Wasser von 10 bis 12° C eingeweicht und 2—4 Tage unter öfterem Erneuern des Wassers stehen lassen. Die Gerste nimmt beim Quellen ca. 50 Proz. ihres Gewichts an Wasser auf; der Verlust an Zucker, Dextrin, stickstoffhaltigen Stoffen und Mineralbestandteilen beträgt ca. 1 Proz., je nachdem weiches oder hartes Wasser verwendet wird; weiches Wasser löst eben mehr Stoffe auf als hartes.

Der beim Weichen des Kornes sich entwickelnde Keim bedarf für sein weiteres Wachstum des Luftsauerstoffs; da nach der alten Weichmethode bei dem jedesmaligen Wasserwechsel die Sauerstoffzufuhr nur eine beschränkte ist, wendet man in neuerer Zeit die sogenannte Luftwasserweiche an, d. h. man bläst entweder Luft von unten in den Quellbottich oder läßt die eingeweichte Gerste abwechselnd 6 Stunden mit und ohne Wasser stehen und gibt dadurch dem Korn Gelegenheit, mit der Luft in Berührung zu kommen.

Die quellreife Gerste wird auf der Malztenne bei 8—12° C auf Haufen zum Keimen aufgeworfen, um die für die Verzuckerung nötige Diastase zu gewinnen; die Haufen werden wiederholt umgeschaufelt. Es bildet sich zunächst der Wurzelkeim, dann das Federchen, die erste Anlage des Blattkeims. Der Keimprozeß ist nach 7—9 Tagen beendigt, der Blattkeim hat dann $^2/_3$—$^3/_4$ der Länge des Kornes erreicht. Dieses erste Produkt ist das Grünmalz mit 40—50 Proz. H_2O.

Das ruhende Gerstenkorn enthält bereits ein Enzym, die Glukase, vorgebildet. Diese läßt aber die Stärke des Mehlkörpers unverändert und kann erst die durch Diastasewirkung entstandene lösliche Stärke zu Zucker

hydrolysieren. Während der Keimung bildet sich nun das Enzym Diastase, welches die Stärke des Mehlkörpers zu lösen und zu Dextrinen und Maltose abzubauen vermag. Brown und Morris haben in keimender Gerste noch ein Enzym Cytase [22] nachgewiesen; diese ist ein zelluloselösendes Ferment, welches speziell das erzielt, was der Mälzer eine gute Auflösung des Mehlkörpers nennt, d. h. es kommt eine Lösung der Zellwände der Endospermzellen zustande, die sich dadurch zu erkennen gibt, daß sich der Mehlkörper leicht zwischen den Fingern zerreiben läßt. Beim Keimen entsteht endlich noch das Enzym Peptase, welches unlösliche Eiweißstoffe in lösliche Peptone und Amidokörper verwandelt.

Das Grünmalz wird auf dem Schwelkboden, einem luftigen Raume, bei mäßiger Wärme getrocknet und gibt so das Luftmalz mit 12 Proz. H_2O. Wird dagegen bei höherer künstlicher Temperatur (bis 100°) in Malzdarren getrocknet, so erhält man das Darrmalz mit 1,5—3 Proz. H_2O. Beim Darren verliert das Malz den rohen bohnenartigen Geschmack und erhält dafür das Malzaroma, welches den Charakter des Malzes und Bieres bestimmt und auf der Bildung von Röstprodukten der löslichen Kohlenhydrate des Malzes, besonders der Lävulose, und wahrscheinlich auch der Saccharose beruht. Zugleich wird ein Teil der Diastase unwirksam, der Gehalt an Invertzucker vermehrt, lösliche Proteinstoffe werden unlöslich oder zum Teil peptonisiert; außerdem werden die Wurzelkeime spröde und können beim Putzen des Malzes leicht entfernt werden, da sie dem Biere einen unangenehmen rauhen Geschmack verleihen, falls sie mitverbraut werden.

Die Farbe des Bieres hängt ab von der Temperatur des Abdarrens; sie darf für helles Bier 60° nicht übersteigen.

Farbmalz wird durch Rösten von mit wenig Wasser angenetztem Malz in rotierenden Trommeln bereitet (bei 170—200°); seine färbende Wirkung beruht hauptsächlich auf dem Vorhandensein von Karamel.

Mit dem Eintritt der heißen Jahreszeit werden die Tennen zu warm, weshalb die Tennenmälzerei nicht das ganze Jahr betrieben werden kann. Diesem Mangel hilft die neue pneumatische Mälzerei ab; sie beruht auf der Anwendung eines mit Feuchtigkeit gesättigten Luftstromes von konstanter Temperatur, den man durch das in hoher Schicht in Kästen oder Trommeln ausgebreitete Keimgut führt; daher auch die Bezeichnung Kasten- oder Trommelmälzerei.

Chemische Zusammensetzung der Extrakttrockensubstanz eines Darrmalzes:

Maltose 65 Proz., Saccharose 5 Proz., Asche 1,6 Proz.

Chemische und mechanische Untersuchung des Malzes siehe Vereinbarungen der Brauereiversuchsstationen Berlin, Hohenheim, München, Nürnberg, Weihenstephan, Wien, Zürich im Jahre 1907; Wochenschr. f. Br. 1907, **24**, 533.

2. Durch Behandeln des Malzes mit warmem Wasser, das Maischen, wird die vergärbare Würze hergestellt. Hier ist zu unterscheiden das in Bayern, Böhmen, Wien und auch in Norddeutschland angewendete Koch- oder Dekoktionsverfahren und das englische Aufguß- oder Infusionsverfahren.

Beim Kochverfahren wird das Malz im Maischbottich mit wenig kaltem Wasser — um Zusammenballen und Zerstörung der Diastase durch heißes

Wasser zu verhüten — eingeteigt. Dann wird so viel kochendes Wasser zugegeben, daß die Temperatur von 35° erreicht wird, und 2—4 Stunden stehen lassen. Nun zieht man 1/3 des Malzbreies, die erste Dickmaische (mit möglichst viel festen Bestandteilen), in die Würzpfanne ab, erhitzt hier zum Sieden und gibt nach halbstündigem Kochen wieder in den Maischbottich zurück, dessen Temperatur auf 50—54° C steigt. Nach innigem Mischen wird sogleich wieder 1/3 der Maische, die zweite Dickmaische, in die Pfanne abgezogen, gekocht und zurückgeführt, wodurch die Temperatur der Maische auf 65° steigt; nach dem Absitzen wird ein dünnflüssiger Teil der Maische, die Lautermaische, nochmals gekocht und zurückgeführt, wobei die Abmaischtemperatur von 75° erreicht wird, bei welcher die Maische 1/2—1 Stunde stehen bleibt.

Nun wird die ganze Würze durch Seihen von den Trebern befreit (Abläutern), nach der Pfanne abgezogen und nach Zusatz von Hopfen gekocht, und zwar bei Winterbier 1—1 1/2, Sommerbier 2, stärkeren Bieren 3 bis 4 Stunden. Es wird auch nachgewürzt, d. h. die Treber werden noch zwei- bis dreimal mit Wasser von 75° behandelt; das gibt die sogenannte Nachwürze.

Das Maischen hat den Zweck, zunächst aus dem geschroteten Malze die in Wasser löslichen Bestandteile zu extrahieren, weiter einen Teil der unlöslichen Bestandteile durch die Wirkung der Diastase und Peptase möglichst vollständig in lösliche überzuführen und endlich einen Teil der gelösten Stoffe durch die Enzyme Glukase und Peptase und durch Mikroorganismen (Säurebakterien) weiter umzuwandeln.

Durch die Vermittlung der Diastase wird das Stärkemolekül abgebaut, in lösliche Modifikationen übergeführt, und zwar fanden Lintner und Düll [23] als Endprodukte bei der Einwirkung von Diastase auf Stärke 5 Verbindungen, nämlich 3 Dextrine: Amylo-, Erythro- und Achroo-Dextrin, und zwei Zuckerarten; Isomaltose und Maltose.

Durch Einwirkung von Glukase auf Maltose wird der Glukosegehalt vermehrt, durch die Wirkung der Peptase wird ein Teil der Eiweißkörper in Peptone und Amide verwandelt. Die Mikroorganismen bewirken durch Bildung flüchtiger und fixer organischer Säuren die Umwandlung unlöslicher Phosphate in primäre, für die Hefe leicht assimilierbare Phosphate, ferner bewirken sie die Entstehung von Salzen der gebildeten Säuren.

Nach beendetem Kochen soll die Würze einen schönen Bruch zeigen, d. h. in Schaugläschen sollen sich die in Flocken abgeschiedenen Eiweißkörper rasch absetzen, die überstehende Würze soll klar und glänzend erscheinen. Die Würze passiert nach dem Kochen den Hopfenseiher, welcher den ausgekochten Hopfen mit den ausgeschiedenen Eiweißsubstanzen zurückhält, und gelangt dann in Kühlapparate (Schiffe, Flächenberieselungskühler), wo sie zur Vermeidung von zu starker Milchsäurebildung möglichst rasch auf 5—6° C für Untergärung, 12—20° für Obergärung abgekühlt wird. Dabei soll die Würze gelüftet werden, weil ungelüftete Würzen schlecht vergären.

Bei der Infusions- oder Aufgußmethode erhält das Malz sofort eine genügende Menge Wasser, mit welcher es langsam auf 75° erwärmt wird, ohne daß eine Portion zum Sieden erhitzt wird — aufwärts maischende Infusion. Oder das Malz wird unter Rühren direkt in 75—85° warmes Wasser eingetragen — abwärts maischende Infusion.

Beim Dekoktionsverfahren werden durch das Kochen der beiden Dickmaischen erhebliche Mengen Diastase zerstört, bevor der Verzuckerungsprozeß zu Ende geführt ist. Das ist beim Infusionsverfahren nicht der Fall, daher sind Infusionswürzen zuckerreicher und dextrinärmer als Dekoktionswürzen. Diese letzteren liefern ein vollmundigeres Bier, weil bei dem Kochen der Dickmaische mehr gummiartige Extraktstoffe aus dem Schrot gewonnen werden.

Durch das Kochen der Würze mit Hopfen wird vor allem die Fermentwirkung der Diastase und der übrigen Fermente vernichtet, die Würze konzentriert und zugleich die gerinnbaren Eiweißstoffe zur Abscheidung gebracht, zum Teil in Verbindung mit der Gerbsäure des Hopfens. Gleichzeitig aber werden dem Hopfen das Hopfenbitter, Hopfenöl und -harz entzogen, Bestandteile, welche die Konservierung des Bieres wesentlich fördern, indem sie Spaltpilzgärungen zurückhalten und dem Bier den aromatischen bitteren Geschmack verleihen.

Der Maischprozeß der Bierbrauerei wird absichtlich so geleitet, daß größere Mengen unvergärbarer Dextrine erhalten bleiben, welche als „Extrakt" dem Bier den Nährwert geben.

Chemische Zusammensetzung der Würze: die gehopfte Würze enthält ca. 14 Proz. Extrakt, und dieser u. a. wiederum 52—63 Proz. Maltose, 18 bis 26 Proz. Dextrine, ferner 6—9 Proz. Dextrose und Lävulose, 2—6 Proz. Rohrzucker.

3. Die Gärung der Würze. Die auf die Gärtemperatur abgekühlte Würze kommt in den Gärkeller, wird in Botticho gefüllt und mit dickbreiiger Hefe versetzt. Durch die Gärung wird der Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegt, welche sich durch Aufsteigen von Gasblasen in der Flüssigkeit bemerkbar macht Der Alkohol, die Gärungsnebenprodukte (Glyzerin, Bernsteinsäure usw.) und ein Teil der Kohlensäure bleiben in der Flüssigkeit gelöst, wogegen ein Teil des Hopfenharzes ausgeschieden wird; auch ein Teil der Stickstoffsubstanzen wird ausgeschieden, ein anderer Teil als Hefenährstoff verwendet.

Etwa 12—20 Stunden nach dem Hefezusatz kommen Bläschen von CO_2, nach 14 Stunden ein schwacher Schaum: „das Bier ist angekommen". In den nächsten 24 Stunden bildet sich ein Schaumkranz, nach weiteren 12 Stunden ein konsistenter gekräuselter Schaum: „das Bier steht in den Kräusen". Die Kräusen bleiben 2—4 Tage, dann färben sie sich braun, fallen zusammen und bilden eine bräunliche Decke, welche aus Eiweißstoffen, Hopfenharz, Hefenzellen usw. besteht. Da während der Hauptgärung die Temperatur der Würze steigt, diese aber eine Temperatur von 10^0 nicht überschreiten soll, wird durch Eisschwimmer gekühlt.

Nach 10—12 Tagen ist die Hauptgärung beendigt, was daran erkennbar ist, daß die Saccharometeranzeige innerhalb 24 Stunden bei Schenkbieren höchstens um 0,2 Proz., bei Lagerbieren um 0,05—0,1 Proz. zurückgeht; außerdem erscheint die vergorene Würze im Schaugläschen glänzend, die Hefe hebt sich deutlich ab und setzt sich rasch zu Boden.

Wenn die Hauptgärung vorüber ist, wird das „zum Fassen reife" Jungbier vom Gärbottich auf Lagerfässer geschlaucht. Zuvor wird noch die auf der Oberfläche schwimmende braune Decke mittels Schaumlöffel entfernt. Die Lagerfässer werden im Keller mit 0—2^0 C bei offenem Spundloch gelagert; in ihnen vollzieht sich eine Nachgärung, bei welcher noch Iso-

maltose vergoren und Hopfenharz ausgeschieden wird. Der Extraktgehalt nimmt während der Nachgärung ab, der Alkoholgehalt zu.

Nach Beendigung der Nachgärung ist das Bier klar und trinkbar. Es wird nun in kleinere Fässer abgezogen und gespundet, d. h. die Spundöffnung der Fässer wird fest verschlossen, damit die sich noch entwickelnde Kohlensäure vom Bier aufgenommen wird und dadurch das Bier den nötigen Trieb, den Stempel der Vollendung, erhält.

Die Konservierung des Bieres, besonders um es zu überseeischem Transport haltbarer zu machen, geschieht durch Pasteurisieren, d. h. Erhitzen auf 50—70 ^{0} C in gut verschlossenen Flaschen oder besonders eingerichteten Metallfässern (System Holle). Zusatz chemischer Konservierungsmittel (Salizylsäure usw.) verstößt gegen die Steuergesetze.

Bierkrankheiten entstehen durch Vorhandensein fremder Gärungserreger neben der Kulturhefe; so die Geschmacksveränderungen (bitterer, säuerlicher, obstartiger Geschmack), fremdartige Gerüche (Schwefelwasserstoff, flüchtige Säuren), Dichteveränderungen (fadenziehendes Bier) und auch Farbenveränderungen. Oft ist die abnorme Beschaffenheit durch Fehler im Betriebe, Unreinlichkeit usw. veranlaßt, wie der rauhe Geschmack (von geringwertigem Hopfen), Pechgeschmack, tintenartiger Geschmack (durch Berührung mit eisernen Spundbüchsen), Hefengeschmack (ungenügend abgelagertes Bier). Auch die Anwesenheit von Sarcina bewirkt einen charakteristischen unangenehmen Geschmack.

Mangel an Kohlensäure läßt das Bier schal werden. Biertrübungen können chemisch verursacht sein durch Stärke und Dextrine (Kleistertrübungen, infolge ungenügender Verzuckerung der Stärke beim Maischen), Eiweißstoffe (Glutintrübung, besonders bei niederer Temperatur), durch Harz und Metalle. Durch Mikroorganismen werden veranlaßt die Hefetrübung, Trübungen durch Bakterien der Essigsäure-, Milchsäure- und Schleimgärung, durch Sarcina.

Sauerwerden des Bieres, die Bildung von Essigsäure bei mangelnder Reinlichkeit und schlechter Lagerung, wird vielfach durch einen unstatthaften und zwecklosen Zusatz von doppeltkohlensaurem Natron zu verdecken gesucht. Dieser Zusatz bewirkt, daß das Bier schlecht schmeckt und der Genuß desselben gewisse medizinische gesundheitsstörende Folgen zeitigt, und befördert nur die Zersetzung des Bieres.

Nährwert des Bieres. Das Bier ist sowohl Genußmittel (Alkohol, Kohlensäure, aromatisch bitterer Geschmack) wie auch ein (zwar teueres) Nahrungsmittel wegen seines nicht unbeträchtlichen Gehaltes an Eiweiß, Zucker, Dextrin und Nährsalz (phosphorsaures Kali).

Biersorten: 1. helle und dunkle Biere, je nach der Abdarrtemperatur des Malzes. Tief dunkle Farbe wird durch Zusatz von Farbmalz oder Überhitzen der Würze erzielt;

2. obergärige Biere (Weißbier, belgische, englische Biere) und untergärige Biere;

3. stark und schwach eingebraute Biere, je nach der Höhe der Stammwürze;

4. niedrig vergorene Biere (extraktreich, alkoholarm, vollmundig) und hoch vergorene Biere (alkoholreich, weinig). Doppel- und Bockbier.

Untersuchung des Bieres.

Zur Untersuchung [24] sind mindestens zwei Flaschen von je 500 bis 750 ccm erforderlich. Zur Entfernung der Kohlensäure wird das Bier in halbgefüllten Kolben (bei ca. 15° C) geschüttelt und dreimal filtriert. Die Bestandteile werden in Gewichtsprozenten angegeben.

1. Spezifisches Gewicht: mittels Pyknometers nach Reischauer oder der Westphalschen Wage bei 15° C (4. Dezimale).

2. Der Extrakt wird auf mittelbarem Wege aus dem spezifischen Gewicht des entgeisteten Bieres bestimmt. 75 ccm Bier werden in einem Kölbchen genau gewogen, dann in einer Schale unter Vermeidung starken Kochens bis auf 25 ccm eingedampft. Nach dem Erkalten wird der Rückstand mit destilliertem Wasser in das Kölbchen gespült und auf das ursprüngliche Gewicht aufgefüllt. Dann wird das spezifische Gewicht dieser sorgfältig gemischten Flüssigkeit — ausgeschiedene Eiweißflocken dürfen nicht entfernt werden — bei 15° C bestimmt und der diesem entsprechende Extraktgehalt aus den Tabellen von K. Windisch oder Balling entnommen.

Rechnerische Kontrolle: Spez. Gew. entgeisteten Bieres = 1 + spez. Gew. ursprünglichen Bieres — spez. Gew. des alkoholischen Destillates.

3. Der Alkohol wird wie bei Wein bestimmt mit dem Unterschiede, daß 75 ccm angewandt werden. Der Alkoholgehalt des Destillats δ in Gewichtsprozenten wird aus der Alkoholtabelle von K. Windisch entnommen. — Der prozentige Alkoholgehalt des Bieres A berechnet sich aus:

$$A = \frac{D\,\delta}{75 \cdot s}.$$

D = Gewicht des Destillats,
δ = Alkoholgehalt des Destillats,
s = spez. Gew. des Bieres.

Kontrolle: Spez. Gew. alkohol. Destill. = spez. Gew. des Bieres + 1 minus spez. Gew. entgeisteten Bieres.

4. Der ursprüngliche Extraktgehalt der Würze (Stammwürze St) und der Vergärungsgrad (V) werden durch Rechnung gefunden.

$$St = \frac{100\,(E + 2{,}0665 \cdot A)}{100 + 1{,}0665 \cdot A} \quad \text{und} \quad V = 100 \cdot \frac{St - E}{St}.$$

E = Extraktgehalt des Bieres, A = Alkoholgehalt des Bieres. Annähernd ist St auch gleich (2 A + E).

5. Säurebestimmung. Zur Bestimmung der Gesamtsäure (ausschließlich Kohlensäure) werden 50 ccm Bier (nach event. Verdünnung mit dem doppelten Volumen ausgekochten Wassers) zur Entfernung noch vorhandener geringer Kohlensäuremengen auf 40° erwärmt und $^1/_2$ Stunde bei dieser Temperatur erhalten. Titration mit $^1/_{10}$ Normalalkali; als Indikator rote Phenolphthaleinlösung (Tüpfelprobe). Die Säuremenge wird in Kubikzentimetern Normalalkali für 100 g Bier angegeben.

Rote Phenolphthaleinlösung: 1 Teil Phenolphthalein in 30 Teilen Alkohol (90 Vol.-Proz.) gelöst. 12 Tropfen dieser Lösung werden in 20 ccm ausgekochtes Wasser gebracht und mit 0,2 ccm $^1/_{10}$ Norm.-Alkali rot gefärbt. Diese Flüssigkeit ist stets frisch zu bereiten.

Flüchtige Säuren. Wie bei Wein.

Kohlensäure. Bei Faßbier werden 300 ccm (mittels eines hohlen Bohrers) in einen evakuierten gewogenen Kolben gebracht und das Gewicht festgestellt. Das Bier wird mäßig erwärmt, alle Kohlensäure ausgetrieben und mittels Durchleitens von Luft in einem Kaliapparat aufgefangen. Die Gewichtszunahme entspricht der vorhandenen Kohlensäure.

Bei Flaschenbier wird die mit einem Kork verschlossene Flasche mittels eines in eine Röhre ausgehenden Korkbohrers angebohrt. Die Röhre mündet in einen am Ende des Gewindes sich öffnenden Kanal aus und steht mit dem Absorptionsapparat in Verbindung. Die ganze Flasche wird gewogen und nach Beendigung des Versuches entleert, getrocknet und wieder gewogen, um die Menge des angewandten Bieres festzustellen.

6. Kohlenhydrate. Zur Bestimmung der Rohmaltose (Zucker + Achroodextrin) werden 50 ccm Bier entgeistet und auf 200 ccm verdünnt. In 25 ccm wird mit 50 ccm Fehlingscher Lösung der Zucker bestimmt (4 Minuten langes Sieden).

Zur Bestimmung des Dextrins werden 100 ccm des wie oben verdünnten Bieres mit 10 ccm Salzsäure (1,125 spez. Gew.) 3 Stunden im siedenden Wasserbade am Rückflußkühler erhitzt (invertiert). Nach dem Erkalten wird mit Natronlauge fast neutralisiert, auf 200 ccm aufgefüllt und in 25 ccm (+ 60 ccm Fehlingscher Lösung + 60 ccm Wasser) die gebildete Dextrose bestimmt. Umrechnung in Gewichtsprozente.

Von der gefundenen Dextrosemenge (in Gew.-Proz.) ist die der oben gefundenen Maltose entsprechende Menge Dextrose (Maltose $\times$ 1,052 = Dextrose) in Abzug zu bringen. Der Rest mit 0,925 multipliziert, gibt die Menge des Dextrins an.

Für das Bier kennzeichnend ist der Gehalt an vergärbaren Stoffen. Dieser wird bestimmt durch Vergärung des Bieres mit Hefe (Typus Frohberg) und Feststellung des Extraktverlustes (nach 8—10 Tagen).

7. Die Stickstoffsubstanzen werden nach Kjeldahl in 20—30 ccm Bier bestimmt.

8. Mineralbestandteile (Asche) und Alkalität der Asche wie bei Wein in 50 ccm.

9. Phosphorsäure. 50 ccm werden nach Zusatz einiger Tropfen Barytwasser eingedampft und verascht. Lösen der Asche in Salpetersäure und Filtrieren, Bestimmung der Phosphorsäure nach der Molybdänmethode.

10. Schwefelsäure, Chlor. 100 ccm Bier werden unter Zusatz von ca. 6 g Soda und etwas Salpeter eingedampft und verascht; in der salzsauren Lösung wird die Schwefelsäure bestimmt.

Chlor wird als Chlorsilber in weiteren 100 ccm mit Sodasalpeter eingedampften und veraschten Bieres bestimmt.

11. Schweflige Säure in 200 ccm Bier wie bei Wein.

12. Konservierungsmittel. Zum Nachweis von Borsäure wird das mit verdünnter Kalilauge alkalisch gemachte Bier eingedampft und verascht. In dem alkalischen Aschenauszug wird nach Zusatz von Salzsäure die Borsäure in üblicher Weise auf Kurkumapapier nachgewiesen.

Geringe Mengen Borsäure können aus dem Hopfen stammen.

Zum Nachweis von Fluorverbindungen werden 500 ccm Bier bei Siedehitze mit Kalkwasser bis zur stark alkalischen Reaktion versetzt. Der Niederschlag von Fluorkalzium bzw. Kieselfluorkalzium wird in bekannter

Weise (Erwärmen im Platintiegel mit konz. H_2SO_4 bei aufgelegtem, mit Wachs überzogenem Uhrglase) auf Fluor geprüft.

Salizylsäure. 100 ccm Bier werden mit Schwefelsäure angesäuert und wie bei Wein weiter behandelt. Tritt mit Eisenchlorid eine Violettfärbung auf, so ist ein weiterer Teil des mit Wasser aufgenommenen Rückstandes mit Millons Reagens zu versetzen. Tritt nun eine schöne Rotfärbung auf, so war die ursprüngliche Violettfärbung durch Maltol (aus Karamelmalz stammend) veranlaßt.

Millons Reagens: Man löst 1 T. Quecksilber in 2 T. rauchender Salpetersäure (spez. Gew. 1,42) erst in der Kälte, dann unter Erwärmen; nach Lösung des Hg fügt man das doppelte Volumen Wasser hinzu und läßt absitzen; vgl. C. J. Lintner, Ztschr. angew. Chem. 1900, 207.

13. Glyzerin, wie bei Süßwein.

14. Saccharin, wie bei Wein (Verfahren von F. Wirthle).

15. Neutralisationsmittel. Neutralisierte Biere zeigen oft eine unter der normalen (unter 1,2 ccm Normalalkali) bleibende Azidität; aus der Höhe des Aschengehaltes läßt sich nur selten ein Zusatz von Neutralisationsmitteln erkennen. Dagegen deutet eine höhere Alkalität der Asche, ein Verbrauch von mehr als 0,4 ccm Normalsäure für die Asche von 100 ccm Bier auf stattgefundene Neutralisation. Der quantitative Nachweis ist schwer zu führen; brauchbare Ergebnisse liefert die Methode von E. Spaeth [25]. Er bestimmt nach Ausfällung der Phosphate des Kalks und der Magnesia in dem einen Teil der Flüssigkeit die an Alkali gebundene Phosphorsäure; in dem anderen Teil fällt er eben diese Phosphorsäure mit Bleiessig, entfernt das Blei durch Schwefelwasserstoff, dampft das Filtrat ein, verascht es und bestimmt den Alkaligehalt dieser Asche. Da nach E. Prior sämtliche an Kali gebundene Phosphorsäure als primäres Phosphat im Biere enthalten ist, läßt sich aus der gefundenen Phosphorsäure und dem Alkaligehalt der Bierasche der Zusatz des Neutralisationsmittels berechnen.

16. Farbstoffe. Teerfarbstoffe werden in bekannter Weise auf Wolle fixiert. Zum Nachweise von Zuckercouleur werden 20 ccm Bier mit dem doppelten Volumen festen Ammonsulfats und dem dreifachen Volumen 90—95prozentigen Alkohols in einem Glaszylinder geschüttelt. Bier, dessen Farbstoff nur von Malz herrührt, wird mehr oder weniger entfärbt; mit Zuckercouleur gefärbtes Bier wird nicht entfärbt.

17. Die mikroskopische Prüfung erstreckt sich bei trübem und bodensatzhaltigem Bier auf die Erkennung von Hefe, Bakterien, Stärkemehl, Eiweiß- und Harzausscheidungen [26].

Beurteilung des Bieres.

Bier, welches in den Verkehr gelangt, soll in der Regel klar sein, von besonderen Sorten abgesehen; der Geschmack soll rein, prickelnd und der dem betreffenden Bier eigentümliche sein, z. B. soll bei untergärigen Bieren ein Säuregeschmack nicht hervortreten, wogegen gewissen obergärigen Bieren (Weißbier usw.) ein entsprechender säuerlicher Geschmack eigen ist. Die angehäufte Kohlensäure soll beim Ausgießen unter Bildung einer Schaumdecke von rahmartigem, nicht sehr großblasigem Aussehen und unter längere Zeit andauerndem Aufsteigen von Gasblasen entweichen; jedoch ist die Eigenart des Bieres (ungespundetes Bier usw.) zu berücksichtigen.

Untergäriges trübes Bier ist zu beanstanden, wenn die Trübung von

Bakterien oder wilden Hefen herrührt; in beiden Fällen ist auch der Geschmack des Bieres verändert.

Sofern die Trübung ausschließlich durch Kulturhefe in zunehmender Vermehrung bedingt ist und sich bei ruhigem Stehen unter Klärung des Bieres bald ein Absatz bildet, ist anzunehmen, daß nicht genügende Reife vorliegt. Sonderbiere, z. B. Lichtenhainer, sind mit Hefetrübung zulässig. Bei nur geringer Hefemenge (Hefeschleier), einem Vergärungsgrad von 48 Proz. und mehr, und wenn erst nach mehrtägigem Stehen sich ein Bodensatz bildet, ist ein solches Bier nicht zu beanstanden.

Schwache Eiweiß-, Harz-, Dextrin- und Gummitrübungen sind nicht zu beanstanden, da sie sich nicht immer vermeiden lassen; starke Trübungen und Absätze sind ohne Rücksicht auf die Ursache zu beanstanden. Zu beachten ist, daß auf Flaschen reifende Biere einen ihnen eigentümlichen Bodensatz enthalten.

Der Alkoholgehalt der verschiedenen Biere kann zwischen 2,5 bis 6 Gewichtsprozent schwanken, der Extraktgehalt zwischen 2—8 Proz. Der Gehalt an Stammwürze soll nicht unter 12 Proz. betragen, der Vergärungsgrad zwischen 44 und 55 Proz. liegen. Höher vergorene Biere sind meist haltbarer als nieder vergorene.

Der Stickstoffgehalt reiner Malzbiere beträgt mindestens 1 Proz. des Extraktes, nur ausnahmsweise 0,9 Proz., der Phosphorsäuregehalt 0,06 bis 0,1 Proz. P_2O_5; geringerer Gehalt an Stickstoff und Phosphorsäure läßt auf Verwendung von Surrogaten schließen.

Der Glyzeringehalt steigt nicht über 0,25 Proz., ebenso der Aschengehalt nicht über 0,3 Proz. Ein höherer Aschengehalt deutet auf Zusatz von Neutralisationsmitteln oder Kochsalz. Der Chlorgehalt deutscher Biere beträgt etwa 0,009 Proz.; der Schwefelsäuregehalt 0,009 bis 0,018 Proz.; beide sind vom Gehalt der Rohstoffe und des Wassers an Mineralstoffen abhängig.

Der Kohlensäuregehalt des im Konsum befindlichen Bieres schwankt zwischen 0,2 und 0,3 Proz; dem Lagerfaß direkt entnommenes Bier enthält bis zu 0,4 Proz. CO_2.

Die Gesamtsäure (ausschließlich Kohlensäure) überschreitet selten eine 3 ccm Normalalkali für 100 g Bier entsprechende Menge. Säuremengen unter 1,2 ccm lassen auf Neutralisation schließen. Die Menge der flüchtigen Säuren normalen Bieres schwankt zwischen 2,7—7,5 ccm $^1/_{10}$ Normalalkaliverbrauch für 100 g Bier.

Als sauer ist ein Bier zu bezeichnen, das einen schlechten, auffallend sauren Geschmack besitzt und dessen Gesamtazidität 3 ccm Normalalkali überschreitet; die Säuerung muß durch den höheren Gehalt an flüchtigen Säuren und event. mikroskopischen Nachweis von Säurebakterien, bes. Bact. aceti, bestätigt werden.

Konservierungsmittelzusatz ist unstatthaft. Spuren von Borsäure können aus dem Hopfen, Spuren von Fluoriden aus der Gerste stammen, desgleichen geringe Mengen schwefliger Säure vom Schwefeln der Gerste und des Hopfens. Wird in dem Destillate von 200 ccm Bier mehr schweflige Säure gefunden als 10 mg $BaSO_4$ entspricht, so darf ein Zusatz von schwefliger Säure in irgendwelcher Form angenommen werden.

Die Bierbereitung, der Verkehr mit Bier und dessen Besteuerung ist reichsgesetzlich geregelt durch das Brausteuergesetz vom 15. Juli 1909

(abgedruckt samt Ausführungsbestimmungen in Ztschr. f. U. d. Nahr.- u. Genußm. 1909, Beilage S. 390 und 1910, Beilage S. 103), sowie durch einzelstaatliche Gesetzgebung für Bayern, Württemberg, Baden und Elsaß-Lothringen.

Literatur:

1) H. Röttger, Lehrbuch der Nahrungsmittelchemie, 4. Aufl., 2, 679.
2) E. Prior, Chemie und Physiologie des Malzes und Bieres, 1896, S. 2.
3) Mitteilungen der Österr. Versuchsstation für Brauerei und Mälzerei in Wien, 3, 99.
4) J. König, Menschl. Nahr.- u. Genußmittel, 4. Aufl., 2, 1201.
5) Wie 1), S. 682.
6) Ztschr. f. das ges. Brauwesen 1888, S. 1; oder wie 2), S. 15 und 1), S. 683.
7) C. J. Lintner, Grundriß der Bierbrauerei (Thaerbibliothek), 4.
8) Wie 1), S. 686.
9) Wie 2), S. 46 u. Ztschr. f. d. ges. Brauwesen 1886, S. 257; Centralbl. f. Bakt. u. Paras. 1895, II. Abt., S. 221.
10) E. Wolff, Aschen-Analysen, Berlin 1880.
11) Ztschr. f. d. ges. Brauwesen 1895, S. 149.
12) Wie 2), S. 40.
13) Zusammensetzung siehe G. Barth, Ztschr. f. d. ges. Brauwesen 1900, 23, 504—594.
14) M. Hayduck, Wochenschr. f. Br. 1888, 5, 937; Hilgers Vierteljahrsschrift 1888, 3, 421.
15) Inaug.-Dissertation, Jena 1885; Allgem. Brauer- u. Hopfenztg., Druck v. J. L. Stich, Nürnberg 1887.
16) J. Brand, Ztschr. ges. Brauwesen 1892, 14, 426.
17) C. Nägeli u. O. Loew, Ann. d. Chem. 1878, 193, 322 u. Ztschr. f. d. ges. Brauwesen 1878, S. 337.
18) Hilgers Vierteljahrsschr. 1890, 5, 79; Hoppe-Seyler, Med.-chem. Unters. 1, 142.
19) Lintner, Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 1895, 28, 1050; E. Fischer, ebenda 1895, 28, 984.
20) Bau, Chem.-Ztg. 1895, 19, 1873; E. Fischer, Wochenschr. f. Brauerei 1895, 12, 959.
21) A. Jörgensen, Die Mikroorganismen der Gärungsindustrie. Berlin, bei P. Parey; ferner wie 2), S. 331 u. Ztschr. ges. Brauwesen 1886, S. 270.
22) Ztschr. ges. Brauwesen 1890, S. 375.
23) Ebenda 1893, S. 451 u. Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 26, 2533.
24) Vereinbarungen z. U. u. B. von Nahr.- u. Genußmitteln f. das Deutsche Reich III, 5. Berlin 1902; ferner wie 1), S. 733 und wie 2), S. 547.
25) E. Spaeth, Ztschr. Unters. Nahr.- u. Genußm. 1898, 2, 279; Forschungsberichte über Lebensmittel usw. 1895, 2, 303; Ztschr. angew. Chem. 1898, S. 4.
26) Näheres siehe bei P. Lindner, Mikrosk. Betriebskontrolle in den Gärungsgewerben. Berlin, P. Parey, 1898; ferner P. Lindner, Wochenschr. f. Br. 1898, 15, 536.

Branntweine und Liköre.

Branntweine sind alkoholreiche, aus vergorenen Maischen oder alkoholhaltigen Flüssigkeiten durch Destillation gewonnene Getränke. Je nachdem diese Destillate unverändert bzw. nur durch Wasserzusatz auf eine geeignete Konzentration gebracht sind, oder mit Pflanzenauszügen, ätherischen Ölen oder Zucker gemischt in den Verkehr gelangen, unterscheidet man die eigentlichen Branntweine mit meist hohem Alkoholgehalt und nur geringen Extraktmengen von den Likören, welche wieder in die zuckerreichen eigentlichen Liköre und die Bitter, zuckerfreie oder nur wenig Zucker enthaltende alkoholische Pflanzenauszüge, zerfallen.

Diese Getränke enthalten sonach als wesentlichsten Bestandteil Alkohol (Spiritus), demnach liefern das Rohmaterial zu ihrer Bereitung:

1. Flüssigkeiten, welche bereits Alkohol enthalten, der also nur abdestilliert werden muß (Trauben-, Obstwein).

2. Zuckerhaltige Stoffe, wie süße Früchte (Kirschen, Zwetschen), Zuckerrüben, Zuckerrohrmelasse usw. Hier muß die zuckerhaltige Masse zuerst der Gärung unterworfen werden.

3. Alle Substanzen, welche Stoffe enthalten, die in Traubenzucker überführbar sind, besonders die Stärkemehl führenden Kartoffelknollen und Getreidekörner.

Branntweinsorten. 1. Branntwein aus Korn: der Nordhäuser Kornbranntwein, der schottische Whisky, der westfälische „alte Klare“, der friesische „Doornkaat“ und der „Genever“ (über Wacholderbeeren destilliert).

2. Branntwein aus Kartoffeln.

3. Branntwein aus Früchten: Kirsch-, Zwetschen-, Wacholderbeerbranntwein.

4. Branntwein aus Trestern: Franzbranntwein. Die Weintrester werden für sich oder unter Zusatz von Zucker vergoren und destilliert; z. T. werden auch geringe Weine verarbeitet.

5. Feinere Branntweine sind Kognak, Rum, Arrak.

Kognak ist ein Erzeugnis der Destillation des Traubenweines mit angenehmem weinartigen Aroma; frisch destilliert ist er farblos; infolge längeren Lagerns in Eichenfässern besitzt er milden Geschmack und gelbe Farbe. Künstliches Altern durch Behandeln mit Ozon.

Rum ist ein Erzeugnis der Destillation der vergorenen Zuckerrohrmelasse, sowie vergorener Rückstände der Rohrzuckerfabrikation (West-Indien, Jamaika).

Arrak wird aus Reis (Java) mit oder ohne Zusatz zuckerhaltiger Pflanzensäfte oder aus dem Safte (Toddy) der Blütenkolben der Kokospalme (Ceylon) hergestellt.

Zur Spiritusgewinnung bedarf alkoholhaltiges Rohmaterial nur der Destillation; dieser muß bei zuckerhaltigem Rohmaterial die Überführung des Zuckers in Alkohol durch Hefegärung vorausgehen, während endlich bei Rohmaterial, das nur Stärkemehl enthält, die Fabrikation in drei Abschnitte zerfällt:

1. das Maischen, d. i. Verzuckern der Stärke durch Malz (Diastase) oder Säure;

2. die Vergärung der Maische;

3. die Abscheidung des Alkohols (Destillation) [1].

Das Maischen. Handelt es sich um die Darstellung von Spiritus aus Kartoffeln, so werden diese zuerst gewaschen, dann durch Dämpfen gar gekocht und aufgeschlossen, d. h. die Stärke wird in eine leicht verzuckerbare Form übergeführt. Dieses Dämpfen geschieht im Henzedämpfer, einem nach unten konisch zugespitzten stehenden Zylinder aus starkem Kesselblech, in welchem die Kartoffeln mit Dampf von 2—3 Atm. weich gekocht und dann mittels Dampfes durch einen scharfkantigen Schlitzrost hindurch in den Maischbottich gedrückt werden. Meist ist zwischen dem Dämpfer und dem Maischbottich noch eine Mühle zu weiterer Zerkleinerung eingeschaltet.

Das Dämpfen bewirkt eine Aufquellung des Stärkemehles der Kartoffeln zu einer kleisterartigen bzw. gelösten, der Einwirkung der Diastase leicht zugänglichen Masse.

Zur Verzuckerung kommt in den Maischbottich zunächst das Malz, in der Regel Gerstengrünmalz (s. b. Bier) in zerquetschter Form, mit Wasser angerührt (Malzmilch); dieses dient einerseits zur Überführung der Stärke

in Maltose, andrerseits als Nährstoff für die Hefe. Dann wird der Inhalt des Dämpfers langsam eingelassen und durch Rühren innig mit dem Malze vermischt. Das im Malze enthaltene Ferment Diastase verzuckert die Kartoffelstärke in etwa $^1/_2$ Stunde. Als Optimum gilt die Temperatur von 55° C, bei welcher aus dem Stärkemehl möglichst viel Maltose und möglichst wenig Dextrin entsteht, gleichzeitig aber auch die Lebens- und Wirkungskraft der Diastase nicht geschwächt wird; denn diese muß bei der Gärung noch die Dextrine in Maltose umwandeln, die dann weiter in Glykose übergeführt wird. Allein bei 55° C wird weder alles Stärkemehl aufgelöst, noch findet bei dieser Temperatur eine für die Praxis genügende Abtötung gärungsstörender Mikroorganismen statt, dieses ist vielmehr erst bei 65° C der Fall. Man hat deshalb früher einen Weg eingeschlagen, der auf der Erfahrung beruht, daß die Diastase in zuckerreicher Lösung eine viel höhere Temperatur vertragen kann als in wässeriger oder schwach zuckerhaltiger Lösung, d. h. man hat zunächst bei 40—55° C etwa $^5/_6$ des Dämpferinhaltes im Maischbottich verzuckert, wodurch man eine so konzentrierte Zuckerlösung erhielt, daß man jetzt die Temperatur auf 65—70° C steigen und den Rest des Dämpferinhaltes zufließen lassen konnte. Auf diese Weise wurde eine vollkommen verzuckerte, möglichst pilzfreie Maische mit völlig wirksamer Diastase erhalten.

Neuerdings erreicht man diese Abtötung der aus den Rohmaterialien und der Luft in die Maische gelangten schädlichen Bakterien besser und bequemer durch zwei Verfahren: 1. durch Verwendung eines mit Milchsäure-Reinkultur (event. unter Zusatz von Ameisensäure) gesäuerten Hefengutes (siehe später bei „Gärung") und 2. durch das Effrontsche Flußsäureverfahren [2]. Mineralsäuren mit Ausnahme der Flußsäure schädigen die Bakterien, aber auch die Hefe; die Flußsäure ist ein starkes Bakteriengift, zugleich aber auch ein ausgezeichnetes Konservierungsmittel für die Diastase, welche sie bis zum Schluß der Gärung kräftig erhält; endlich wirkt die Flußsäure anregend auf die Gärkraft der Hefe ein, wenn diese durch allmählich gesteigerte Gaben von Flußsäure an diese gewöhnt ist.

Bei Anwendung des Flußsäureverfahrens wird das Hefengut derart bereitet, daß man von je 100 Liter verzuckerter und auf 30° abgekühlter Hauptmaische 4 Liter wegnimmt, mit genügend Flußsäure (meist 10 g HFl auf 1 hl Hefenmaische) und dann mit je 1 l Mutter- bzw. Reinhefe versetzt; dieses Hefengut, bei 31° C gehalten, ist nach etwa 20 Stunden „reif". Nun wird $^1/_5$ als Mutterhefe für die folgende Hefenmaische weggenommen, die übrigen $^4/_5$ in die verzuckerte und ebenfalls mit Flußsäure bzw. Fluorammonium versetzte Hauptmaische gegeben.

Die bei 55 bzw. 70° C verzuckerte Maische wird event. nach Entfernung eines Teiles der Schalen auf eine Gärtemperatur von 18—21° C abgekühlt.

Erwähnt sei hier noch, daß zur Verarbeitung von Mais und Roggen Wasser in den Henzedämpfer gegeben werden muß, da hier das Fruchtwasser wie bei den Kartoffeln fehlt. Ferner kann die Verzuckerung außer durch Diastase auch durch Kochen mit verdünnter Salz- oder besser Schwefelsäure geschehen; diese Art wird in heißen Gegenden angewandt, wo die Malzbereitung auf Schwierigkeiten stößt.

Der Vorgang des Maischens ist also im allgemeinen derselbe wie bei der Bierbereitung; bei dieser wird jedoch der Verzuckerungsprozeß unterbrochen (Vernichten der Fermente durch Kochen der Würze), weil nur ein

Teil der Stärke in Maltose umgewandelt, ein anderer Teil in Form von Dextrinen dem Bier erhalten werden soll (Extrakt des Bieres). Bei der Spiritusbereitung wird dagegen eine möglichst vollständige Verzuckerung eine tunlichst große Alkoholausbeute angestrebt.

Untersuchung der süßen Maische. Eine normal verzuckerte Maische bzw. das völlig klare Filtrat darf mit Jodlösung keinerlei Färbung zeigen; Rotfärbung zeigt unvollständige Verzuckerung, Blaufärbung einen verunglückten Maischprozeß an.

Prüfung auf Diastase. Um zu prüfen, ob noch genügend Diastase vorhanden ist, um während der Gärung eine kräftige Nachwirkung auf die Dextrine auszuüben, bringt man nach J. Effront [3] je 20 ccm einer 2 proz. Lösung der Lintnerschen lösl. Stärke in 6 Reagiergläser, fügt 0.25. 0.50. 0,75, 1,00, 1,25 und 1,50 Maischefiltrat hinzu, stellt die Gläser 1 Stunde in ein Wasserbad (60° C), kühlt ab und gibt dann je ½ ccm Jodlösung zu. Wird bei süßer Maische schon bei 0,25 ccm des Maischefiltrates keine Färbung mehr beobachtet, so ist noch genügend Diastase vorhanden.

Der Extraktgehalt des klaren Maischefiltrates wird durch Spindelung mit dem Saccharometer nach Balling bestimmt.

Zur Maltosebestimmung werden 10 ccm Filtrat mit Wasser auf 200 ccm verdünnt und in dieser Lösung der Maltosegehalt mit Fehlingscher Lösung ermittelt. Zur Bestimmung des Dextrins werden 25 ccm Maischefiltrat mit Wasser auf 200 ccm verdünnt, mit Salzsäure 3 Stunden im Wasserbade erhitzt, neutralisiert, auf 500 ccm aufgefüllt. In 25 ccm wird der Dextrosegehalt bestimmt. Berechnung wie bei Bier.

Die süße Maische enthält 70—80 Proz. Maltose, 20—30 Proz. Dextrin

Die Säurebestimmung geschieht durch Titration nach der Tüpfelmethode wie bei Bier.

Zur Gärung werden Eichenbottiche von 4—5000 l Inhalt benutzt. Der über der Maische leer bleibende Raum (etwa $^1/_{10}$) heißt „Steigraum". Da die Spiritusfabrikation in Deutschland nach dem Maischraum besteuert wird, maischt man zur Raumausnutzung möglichst dick ein (bis 26° Balling), zumal Dickmaischen besser vergären als dünne. Die Gärdauer ist steueramtlich auf 72 Stunden festgesetzt; die Temperatur steigt um etwa 17°, man beginnt deshalb bei 14°, weil die Temperatur von 31° nicht überschritten werden darf.

Die Gärung zerfällt in das Anstellen, d. i. das Zugeben der gesäuerten Hefenmaische zur süßen Hauptmaische; die Hauptgärung und die Nachgärung, während welcher durch die Nachwirkung der Diastase die weitere Umwandlung der noch nicht verzuckerten Dextrine in Maltose und deren Vergärung erfolgt. Gegen Ende der Gärung muß mit Wasser aufgefrischt werden, da die große Menge des Alkohols die vollständige Vergärung verhindern würde.

Die Schaumgärung, welche durch Schaumbildung zum Übersteigen und dadurch zu Verlusten führen kann, beruht nicht auf einem krankhaften Zustande der Hefe, sondern ist durch eine besonders kräftige Heferasse und besonders günstige Ernährungsverhältnisse veranlaßt.

Die Gärungsvorgänge sind die gleichen wie bei Bier und Wein. Es ist deshalb nur noch die Herstellung des Hefengutes zu besprechen. Grün- und Darrmalz werden gewaschen, zerkleinert und unter Zusatz süßer Maische bei 65° C verzuckert. Dann wird das Hefengut bei 50° C stehen

lassen; es tritt eine freiwillige Säuregärung ein, bewirkt durch Milchsäurebakterien, die aus der mit diesen Fermenten geschwängerten Luft der Hefenkammer in das Hefengut gelangten [4]. Zu Anfang der Kampagne erfolgt die Einleitung der Säuerung durch Einsaat von Milchsäure-Reinkultur [5], event. wird auch ein Zusatz von Ameisensäure gemacht. Die entstehende Milchsäure ist ein Gift für die entstehenden Buttersäure- und Spaltpilze. Das Wachstum der Hefe selbst wird durch die geringe Menge Milchsäure (ca. 1 Proz.) nicht beeinträchtigt. Nach beendeter Säuerung wird das Hefengut zur Beseitigung des nun überflüssigen Milchsäurefermentes und gärungsstörender Organismen auf 70° C erwärmt, rasch auf 20° C abgekühlt und mit Hefe versetzt, und zwar zu Anfang der Kampagne mit Reinzuchthefe, später mit Mutterhefe, d. i. die von der vorhergehenden Hefenbereitung zurückgestellte Hefe. Nach etwa 12 Stunden hat sich die Hefe auf das 4–5-fache vermehrt, sie ist „reif“ und wird nun nach Rückstellung von $^1/_{10}$ als Mutterhefe der süßen Hauptmaische zugesetzt. Die Herstellung des Hefengutes beim Flußsäureverfahren siehe oben.

Die Preßhefe ist eine obergärige (Branntwein-)Hefe, welche mit dem Gärschaum abgeschöpft, gewaschen und durch Pressen von Nährflüssigkeit und Wasser befreit wurde. Sie kommt mit und ohne Zusatz von Kartoffelmehl in den Handel.

Zur Gewinnung setzt man eine Maische aus Roggen, Mais, seltener Gerste an, verzuckert mit Darrmalz, leitet Milchsäuregärung ein und vergärt mit Mutterhefe. Ist die Hefe reif, so leitet man den Schaum in Sammelbottiche und verfährt nun verschieden, je nachdem ob die Maische mit den Trebern vergoren wurde (Wiener Verfahren), oder aber von diesen schon vor der Vergärung befreit worden war. In letzterem Falle (Lufthefeverfahren) wird während der Vergärung Luft durch die Maische geleitet; die vergorene Maische kommt in Absetzbassins, die Würze wird nach dem Ablagern der Hefe abgezogen, die Hefe mehrmals mit Wasser gewaschen, gepreßt und geformt. Beim Wiener Verfahren wird der Hefenschaum, mit Wasser gemischt, zur Entfernung der Treber in eine Siebmaschine geleitet; die Hefe wie oben gewaschen und gepreßt. Das Lufthefeverfahren liefert bessere Ausbeute [6].

Untersuchung der Preßhefe vergl. H. Röttger, Lehrbuch der Nahrungsmittel-Chemie.

Zur Gewinnung von Hefenextrakten wird die Hefe gründlich gewaschen, in Säcke gefüllt und abgepreßt. Die gepreßte Hefe wird in offenen Gefäßen mit Dampf gekocht; dabei platzen die Zellen und der Inhalt fließt aus. Dieser Saft wird von den festen Teilchen abgepreßt und im Vakuum eingedampft.

Verarbeitung zuckerhaltiger Rohstoffe. Melasse (mit etwa 50 Proz. Zucker) wird mit Wasser verdünnt und angesäuert, da der alkalische Saft nicht vergärbar ist. Sodann wird zur Unschädlichmachung der Spaltpilze mit gespanntem Dampf gekocht, wieder abgekühlt und mit Kunsthefe zur Gärung angestellt.

Bei Vergärung von Melasse tritt manchmal Salpetergärung auf, bei welcher durch die Lebenstätigkeit von Spaltpilzen die Nitrate unter Stickoxydentwicklung reduziert werden, was die alkoholische Gärung stark unterdrückt.

Süße Früchte (Zwetschen, Kirschen, Heidelbeeren) werden in Fässern eingestampft, mit Zucker versetzt und ohne Hefe vergoren. Die Steine der Kirschen usw. werden teilweise zerdrückt, wodurch etwas Amygdalin in die

Maische gelangt, das beim Gären Bittermandelöl und Blausäure liefert und dem fertigen Produkt das Aroma verleiht.

Die Destillation der alkoholhaltigen Flüssigkeiten geschieht entweder in dem Feinspritautomat von Ilges [7], welcher in einer Operation die Darstellung von Feinsprit und Fuselöl gestattet, oder aber in Kolonnenapparaten. Hier sind mehrere Destillationen erforderlich; die erste heißt Lutter (bis 20 Proz. Alkohol). Die Gärungsnebenprodukte werden im Vorlauf und Nachlauf möglichst entfernt. Der so gewonnene Rohsprit wird in den Spritfabriken durch Rektifikation, d. h. wiederholte fraktionierte Destillation gereinigt (vorherige Filtration über Holzkohle).

Die Destillationsrückstände, die Schlempe, sind reich an Protein und deshalb ein wertvolles Mastfutter [8].

Der genußfertige Branntwein enthält neben Äthylalkohol und Wasser die Nebenerzeugnisse der Gärung und Destillation: Höhere Alkohole (Fuselöl*)), Fettsäuren (bes. Essigsäure), Ester, Aldehyde, Basen (Ammoniak, Amine), Glyzerin, ätherische Öle, Riechstoffe usw. [9]. Zu gewerblichen Zwecken wird der Spiritus aus Versteuerungsgründen denaturiert, meist durch Zusatz einer Mischung von 4 Teilen Holzgeist und 1 Teil Pyridinbasen.

Untersuchung der Branntweine [10].

1. Spezifisches Gewicht. Wie bei Wein.

2. Alkohol: a) bei extraktarmen Branntweinen aus dem spez. Gewicht (Alkoholtafel Windisch).

b) bei extraktreicheren Branntweinen durch Destillation wie bei Wein. Branntweine mit mehr als 60 Gew.-Proz. Alkohol, ebenso zuckerreiche Liköre werden vorher mit Wasser verdünnt, esterreiche mit einem kleinen Überschuß an Alkali destilliert (das Destillat kann zur Fuselölbestimmung dienen). Bei Likören und Essenzen mit größeren Mengen ätherischer Öle sind diese zuvor durch Sättigen der mit Wasser verdünnten Flüssigkeit mit Kochsalz abzuscheiden [11].

3. Extrakt, Asche. Wie bei Wein.

4. Gesamtsäure: Titration von 50 ccm mit $^1/_{10}$ Normalalkali; Indikator Phenolphthalein, bei stärker gefärbten Branntweinen Tüpfeln auf Lackmuspapier, event. nach dem Verdünnen mit Wasser. Berechnung als Essigsäure.

5. Zucker bzw. Fehlingsche Lösung reduzierende Stoffe: in der nach dem Neutralisieren und Entgeisten auf das ursprüngliche Volumen aufgefüllten Flüssigkeit vor und nach Inversion.

6. Freie Mineralsäuren: wie im Essig.

7. Nachweis der Blausäure: a) freie Blausäure gibt Blaufärbung mit Guajaktinktur und Kupfersulfat; b) zum Nachweis gebundener Blausäure wird der Branntwein erst alkalisch, nach 5 Minuten mit Essigsäure sauer gemacht und dann wie bei a) verfahren.

c) Bestimmung der Blausäure: durch Fällung mit Silbernitrat und Zurücktitrieren des unverbrauchten Silbers.

8. Glyzerin, künstliche Süßstoffe: wie bei Wein.

9. Branntweinschärfen, Essenzen. Um einen höheren Alkohol-

*) Dieses entsteht nach F. Ehrlich (Chem. Zentralbl. 1905, II, 156) nicht aus Kohlenhydraten, sondern aus stickstoffhaltigen Stoffen (Eiweiß, Pepton, Aminosäuren). So gelang es ihm, speziell den d-Amylalkohol durch Einwirkung von Reinzuchthefe bei Gegenwart reinen Rohrzuckers aus d-Isoleucin zu erhalten.

gehalt bzw. bessere Qualität vorzutäuschen, werden Verstärkungsessenzen, Branntweinschärfen (Auszüge aus Paprika usw.) zugesetzt. Solche Stoffe kann man durch den Geschmack des Eindunstungsrückstandes oder des Abdampfrückstandes einer Chloroformausschüttelung erkennen [12]; ihr Zusatz ist nach § 107 des Branntweinsteuergesetzes vom 15. Juli 1909 verboten.

10. Farbstoffe: wie bei Wein.

11. Gesundheitsschädliche Metalle (Kupfer, Zinn, Blei, Zink aus Kühlschlangen, Klärmitteln und Gerätschaften): Verjagen des Alkohols, Ansäuern mit Salzsäure, Fällung mit Schwefelwasserstoff usw.

12. Fuselöl. Die Bestimmung erfolgt nach der amtlichen, vom Bundesrat erlassenen „Anleitung zur Bestimmung des Gehaltes an Nebenerzeugnissen der Gärung und Destillation" [13] durch Ausschütteln mit Chloroform.

Schüttelt man Chloroform mit einem Gemische, das außer Wasser und Äthylalkohol noch höhere Homologe des letzteren enthält — bei derselben Temperatur und denselben Mengenverhältnissen von Chloroform und Mischung—, so erfährt das Chloroform eine wesentlich größere Zunahme, als beim Durchschütteln mit einem ausschließlichen Gemische von Wasser und Äthylalkohol vom gleichen spezifischen Gewichte. Ermittelt man also das Sättigungsvermögen von Chloroform für ein Gemisch von Wasser und dem zu untersuchenden Weingeiste von bestimmtem spezifischem Gewicht, bei festgesetzten Temperatur- und Mengenverhältnissen, so kann man dann leicht entscheiden, ob der Weingeist fuselölhaltig ist oder nicht.

13. Aldehyd. Aldehydhaltiger Branntwein färbt sich beim Kochen mit Alkali gelb, reduziert ammoniakalische Silberlösung, gibt mit Neßlers Reagens einen hell- oder rotgelben Niederschlag, ruft in einer durch schweflige Säure entfärbten Fuchsinlösung [14] wieder Rotfärbung hervor (hier verwendet man zweckmäßig das auf ca. 30 Proz. Alkoholstärke gebrachte Destillat des Branntweins); die quantitative Bestimmung erfolgt kolorimetrisch nach dieser Methode [15]. Endlich bildet aldehydhaltiger Branntwein bei der Schichtung mit einer wäßrigen Lösung von *m*-Phenylendiaminchlorhydrat [16] an der Berührungsstelle innerhalb 3—5 Minuten eine gelbrote bis schwach gelbe Zone.

14. Furfurol. 10 ccm farblosen Branntweins werden mit 10 Tropfen farblosem Anilin und 2—3 Tropfen Salzsäure (1,125 spez. Gew.) versetzt. Rotfärbung zeigt Furfurol an [17].

15. Gesamtester. 50—100 ccm Branntwein bzw. bei zuckerhaltigen oder gefärbten Branntweinen deren Destillat, werden in einem Jenaer Glaskolben mit $^1/_{10}$ Normalalkali neutralisiert (Phenolphthalein), dann mit einer (nach dem Estergehalte) gemessenen Menge $^1/_{10}$ Normalalkali 10 Minuten am Rückflußkühler gekocht. Das überschüssige Alkali wird mit $^1/_{10}$ Normalschwefelsäure zurücktitriert (Phenolphthalein).

16. Typische Riechstoffe. K. Micko [18] fand zuerst bei Jamaika-Rum, daß dessen tropische Heimat ihn mit einem typischen Riechstoff, der Basis seines Aromas, gekennzeichnet hat. Später ließ sich feststellen, daß alle echten Branntweine (Cuba-, Demerara-, Jamaika-Rum, Arrak, Zwetschen- und Weingelägerbranntweine, Kognak) ihre spezifischen Riechstoffe besitzen, die sich durch außerordentlich feinen, früchteartigen, weinigen oder blumigen Geruch auszeichnen. Der Riechstoff ist ein flüssiger, farbloser, sich an der Luft nicht schwer verflüchtigender Körper, sein Siedepunkt

liegt höher als der des Äthylalkohols. Er ist weder ein Ester noch ein Aldehyd oder Keton, sondern hat den allgemeinen Charakter eines ätherischen Öles; event. steht er in naher Beziehung zu den Terpenen. Neben den wohlriechenden Körpern findet sich in den tropischen Branntweinen ein Körper von eigentümlichem juchtenlederartigen Geruch, der bei der Prüfung auf spezifische Riechstoffe ebenfalls, und zwar in den letzten Fraktionen hervortritt.

Die Herkunft der Riechstoffe ist verschieden; entweder bilden sie sich während der Gärung oder sie sind im Ausgangsmaterial (z. B. bei der Zwetsche) vorhanden. Beim Jamaika-Rum ist ersteres der Fall; es mögen im Zuckerrohr Körper enthalten sein, welche bei der Gärung den wunderbaren Riechstoff liefern; es kann auch sein, daß während der Herstellung reaktionsfähige Körper (Aldehyde, Ketone) entstehen, die an der Bildung des Riechstoffes durch Reaktion beteiligt sind.

Für diese Riechstoffe hat die Industrie noch keinen Ersatz gefunden, so daß es möglich ist, die echten Branntweine unschwer von ihren künstlichen Nachahmungen (aus Estern, ätherischen Ölen und ähnlichen Stoffen) zu unterscheiden.

Methode zur Auffindung der typischen Riechstoffe: Im Destillat von 200 ccm Branntwein werden die Ester annähernd verseift, die Flüssigkeit mit Weinsäure angesäuert und der fraktionierten Destillation unterworfen. Aus dem Destillat werden 8 Fraktionen zu je 25 ccm gebildet. Der typische Riechstoff findet sich in der fünften, hauptsächlich aber in der sechsten Fraktion.

17. Denaturierungsmittel (Pyridinbasen, Methylalkohol). Der Nachweis erfolgt nach der amtlichen „Anleitung zur Untersuchung von Trinkbranntweinen auf einen Gehalt an Denaturierungsmitteln“ [19].

Beurteilung.

Die auf kaltem Wege hergestellten Liköre unterliegen bezüglich ihrer Zusammensetzung keiner Norm; bei ihnen ist vor allem auf schädliche Farb- und Bitterstoffe, Süßstoffe und Metalle Rücksicht zu nehmen. Unschädliche Farbstoffe sind nur zu beanstanden, wenn ihr Zusatz bessere Qualität vortäuschen soll [20].

Die durch Destillation gewonnenen Branntweine hinterlassen nur minimale Mengen Extrakt und Asche; höherer Aschengehalt deutet auf Verdünnung mit unreinem Wasser. Alkoholgehalt der Trinkbranntweine 25—45 Vol.-Proz. Verboten ist die Verwendung von denaturiertem Spiritus, von Branntweinschärfen und Mineralsäuren (Vortäuschung höheren Alkoholgehalts). Der Fuselölgehalt soll nur 0,3 Vol.-Proz. betragen.

Kirschen- und Zwetschenbranntweine enthalten Blausäure, frei und gebunden [21].

Rum, Arrak und Kognak sind als reines Destillat von Zuckerrohr- oder Reismelasse bzw. Wein aufzufassen. Originalrum enthält 60—90 Vol.-Proz. Alkohol; er kommt meist mit Wasser verdünnt oder mit dünnem Feinsprit gestreckt und mit Karamel gefärbt in den Handel, Arrak dagegen nur farblos.

Den Verkehr mit Kognak regelt das Weingesetz vom 7. April 1909. § 18 bestimmt, daß in 100 Raumteilen mindestens 33 Raumteile Alkohol enthalten sein müssen; nach den Ausführungsbestimmungen ist ferner u. a. der Zusatz von Farbstoffen mit Ausnahme kleiner Mengen gebrannten

Zuckers (Zuckercouleur) verboten. Vergl. Weingesetz §§ 15, 16, 18, 22; Ausführungsbestimmungen zu §§ 10, 16, 18; Weinzollordnung §§ 17, 40—46 [22].

Literatur:

1) M. Märker, Handbuch der Spiritusfabrikation. Berlin, P. Parey.
2) Näheres bei F. Lafar, Technische Mykologie I, 225.
3) G. Lunge, Chem. techn. Unters.-Methoden III, 410.
4) G. Leichmann, Zeitschr. f. Spirit.-Ind. 1896, **19**, 239.
5) F. Lafar, daselbst 1896, **19**, 247.
6) H. Blücher, Auskunftsbuch f. d. chem. Ind. 1906/07, S. 468.
7) M. Märker, Handbuch der Spiritusfabrikation, 711.
8) J. König, Menschl. Nahr.- u. Genußm. 1893, II, 199.
9) Vereinbarungen z. U. v. Nahr.- u. Genußm. II, 123.
10) Daselbst II, S. 125; ferner H. Röttger, Lehrbuch der Nahr.-Chem.
11) Ausführungsbestimmungen z. Branntweinsteuergesetz, Zeitschr. anal. Chem. 1892, **31**, 12.
12) A. Kickton, Zeitschr. U. d. Nahr.- u. Genußm. 1904, **8**, 678.
13) Zeitschr. U. d. Nahr.- u. Genußm. 1901, **4**, 186.
14) Bereitung der Fuchsinlösung siehe H. Röttger, Lehrb. d. Nahr.-Chem., 3. Aufl., S. 699.
15) L. Medicus u. J. Paul, Forschungsber. üb. Lebensm. 1895, **2**, 299; J. Paul, Zum Nachweis v. Aldehyd in Alkohol, Dissert. Würzburg 1896.
16) K. Windisch, Zeitschr. f. Spirit.-Industrie 1886, **9**, 519.
17) Jorissen, Berl. Ber. 1888, **13**, 2439.
18) Zeitschr. U. d. Nahr.- u. Genußm. 1908, **16**, 433 und 1910, **19**, 305.
19) Daselbst, 1906, **12**, 765.
20) Bericht üb. d. 12. Vers. d. fr. Ver. bayr. Vertr. d. angew. Chem. in Lindau, S. 34.
21) K. Amthor u. J. Zink, Forschungsber. üb. Lebensmittel 1897, **4**, 362.
22) Zeitschr. U. d. Nahr.- u. Genußm. 1909, Beil. S. 335 ff.

Essig.

Unter Essig, Speiseessig versteht man entweder das durch Essiggärung aus alkoholischen Flüssigkeiten entstandene oder durch Verdünnung von Essigsprit hergestellte Genußmittel. Je nach Herkunft und Bereitung unterscheidet man Obstessig, Weinessig, Bier-, Malz- und Tresteressig, Branntwein- oder Spritessig. Essigessenz ist eine hochprozentige, aus essigsaurem Kalk hergestellte Essigsäure (Holzessigsäure).

Verfälschungen des Essigs. a) Durch Wasserzusatz, b) durch Zusatz von Mineral- oder organischen Säuren, c) von sogenannten Schärfemitteln. Verunreinigungen können durch Metallverbindungen, sowie durch krankhafte Veränderungen hervorgerufen werden.

Untersuchung.

1. Bestimmung des Säuregehaltes, Titration mit Normallauge, Indikator Phenolphthalein, bei stark gefärbtem Essig Tüpfelprobe auf Lackmuspapier.

2. Spezifisches Gewicht, Extrakt und Asche. Die direkte Bestimmung des Extraktes erfordert mehrmaliges Abdampfen nach Zusatz von Wasser.

3. Freie Mineralsäuren. Zum qualitativen Nachweis werden 4 bis 5 Tropfen einer Lösung von 0,1 g Methylviolett in 1 Liter Wasser (B 2, Nr. 56, Bayer & Co.) zu 20 ccm Essig, der auf 2 Proz. verdünnt wurde, gesetzt. Grün- oder Blaufärbung zeigt die Gegenwart freier Mineralsäuren an. Die Methode ist ziemlich unempfindlich.

Quantitativ. Nach Hilger [1] werden 20 ccm Essig mit $\frac{1}{10}$-Normal-

lauge genau neutralisiert, die Flüssigkeit auf ca. 2 ccm eingeengt, mit einigen Tropfen Methylviolettlösung versetzt, aufgekocht und mit $\frac{1}{10}$-Normalschwefelsäure zurücktitriert. Die verbrauchten ccm Schwefelsäure weniger den zur Neutralisation des Essigs verbrauchten ccm Lauge entsprechen der freien Säure. 1 ccm der Differenz gleich 0,049 g Schwefelsäure.

4. Freie organische Säuren. Zitronensäure, Weinsäure, Äpfelsäure, Oxalsäure.

5. Metallische Verunreinigungen. Prüfung mit Schwefelwasserstoff.

6. Schärfemittel. 100 ccm Essig werden neutralisiert und eingedampft. Der Rückstand darf nicht scharf schmecken. Die Feststellung der Natur des Schärfestoffes ist auf chemischem Wege schwierig und unsicher. (Siehe Draggendorf, Ermittlung der Gifte.)

7. Konservierungsmittel. Salizylsäure, Benzoesäure, Borsäure. Formaldehyd. Es ist zu erwähnen, daß Formaldehyd auch in reinen Essigproben vorkommen kann.

8. Teerfarben und Karamel (siehe Wein).

9. Alkohol. a) Bildung von Jodoform. Das Destillat des neutralisierten Essigs wird mit einigen Tropfen Jod und Jodkalium gelöst und mit so viel verdünnter Kalilauge versetzt, bis die braune Jodfarbe der Mischung verschwunden ist.

b) Quantitative Bestimmung durch Destillation des neutralisierten Essigs.

10. Weinsäure und Dextrin wie bei Wein.

11. Ermittlung der Abstammung des Essigs. Die Unterscheidung des Essigs nach Herkunft ist chemisch nicht mit Sicherheit auszuführen. Branntweinessig enthält wenig Extrakt und Asche; die Asche selbst ist neutral. Wein-, Obst- und Bieressig sind extraktreicher, ihre Asche reagiert alkalisch und enthält Kalium und Phosphorsäure. Im Weinessig sind gewöhnlich etwas Weinsäure und Glyzerin, in Obstessig Äpfelsäure, in Bieressig Dextrine enthalten. Die aus Kalziumazetat hergestellten Essenzen sind reine Destillate. Sie mögen ab und zu Spuren von Phenol und Kreosot enthalten.

Beurteilung. Speiseessig soll 3,5, mindestens aber 3 Proz. Essigsäure enthalten; er soll klar und durchsichtig sein. Durch Essigälchen oder Pilzwucherungen getrübter Essig ist zu beanstanden. Speiseessig darf metallische Verunreinigungen, scharf schmeckende Stoffe und freie Mineralsäuren nicht enthalten. Zusätze von Konservierungsmitteln müssen deklariert sein. Weinessig schlechthin muß aus einer Maische hergestellt werden, die mindestens 20 Proz. Wein enthält; reiner Weinessig darf jedoch keine fremde Essigsäure enthalten. Gewöhnlicher Weinessig muß daher Weinbestandteile (Extrakt, Asche, Zucker) in einem dieser Verdünnung entsprechenden Verhältnis enthalten. Der Beurteilung wird daher ein Wein mit Mindestwerten zugrunde zu legen sein [2]. Essigessenzen müssen in vorgeschriebenen Gefäßen und Kennzeichnung in den Verkehr gebracht werden [3].

Literatur:

1) Arch. f. Hyg. 1888, 8, 448.
2) Siehe Farnsteiner, Forsch.-Ber. 1896, 3, 54.
3) Veröff. K. Gesundh.-Amt 1908; Kais. Verord. 14. Juli 1908; R.-G.-Bl. 1908, S. 475.

Atmosphäre.

Von

A. Lode in Innsbruck.

Atmosphäre.

Chemische Zusammensetzung der atmosphärischen Luft.

Den Erdball umgibt eine Hülle eines Gemenges von Gasen, welche wir Atmosphäre nennen. Aus ihr bezieht der Mensch seinen Bedarf an Sauerstoff, um die zur Erhaltung seines Lebens unumgänglich notwendigen oxydativen Spaltungen der Nahrungs- und Körperstoffe zu vollziehen. Daraus folgt, daß eine eingeschlossene Luftmasse allmählich bei Anwesenheit von atmenden Individuen an Sauerstoff verarmt, bis sie schließlich keine genügende Menge dieses Gases besitzt, um das Leben zu ermöglichen.

Für die Luft im Freien ist jedoch eine bedenkliche Verarmung an Sauerstoff nicht zu befürchten, da die auch bei scheinbarer Windstille vorhandene Bewegtheit der Luft für deren Mischung sorgt und der Vorrat an Sauerstoff, selbst abgesehen von der den Sauerstoff wieder frei machenden Tätigkeit der chlorophyllhaltigen Pflanzen, ein außerordentlich großer, ja schier unerschöpflich scheinender ist [1].

Von den Luftgasen sind Sauerstoff und Stickstoff in sehr konstanten Mengen in der Atmosphäre. Genaue Bestimmungen des Sauerstoffs verdanken wir Regnault, welcher nach einem von Bunsen ausgebildeten volumetrischen Verfahren — Entfernung des Sauerstoffs durch Explosion mit Wasserstoff — die Luft von verschiedenen Teilen der Erde untersuchte. Es fand sich unter anderem in der Luft von

	Minimum	Maximum	Mittel
Paris bei 100 Proben . .	20,913	20,999	20,96
Berlin bei 30 Proben . .	20,908	20.998	20,95
Madrid bei 10 Proben . .	20,916	20,982	20,95
Auf der Fahrt von Liverpool nach Veracruz bei 5 Proben	20,918	20,965	20,94
Pichincha, einem Berge in Ecuador, höher als der Mont Blanc, bei 2 Proben	20,949	20,988	20,97

Die Ergebnisse Regnaults, welche von v. Jolly angezweifelt wurden, bestätigte später Hempel, welcher als den mutmaßlichen mittleren Sauerstoffgehalt der Atmosphäre 20,93 Proz. annahm [2].

Während man früher glaubte, daß der Rest der trockenen Luft mit Ausnahme einer kleinen Menge Kohlensäure ausschließlich aus Stickstoff bestände, lehrten neuere Untersuchungen, welche der Physiker Rayleigh anstellte, daß neben dem Stickstoff noch ein Bestandteil vorhanden sein müsse. Es zeigte sich bei sehr genauen Ermittelungen der Dichte der Gase,

daß der chemisch reine Stickstoff etwas (5 Einheiten der dritten Dezimale) leichter sei als der atmosphärische, daß demnach letzterem ein spezifisch schwereres Gas beigemengt sein müsse. Dieses wurde dann im Vereine mit dem Chemiker Ramsay aufgefunden, studiert und wegen seiner Unfähigkeit, chemische Verbindungen einzugehen, Argon (ἀν ἔργος) genannt [3]. Unter Berücksichtigung dieser Entdeckungen würde die Zusammensetzung der Atmosphäre nach Leduc [4] betragen:

Zusammensetzung der trockenen kohlensäurefreien atmosphärischen Luft:

	Stickstoff	Sauerstoff	Argon
Volumprozente	78,06	21,00	0,94
Gewichtsprozente	75,50	23,20	1,30

In sehr geringen Mengen finden sich ferner Helium [5], welches wegen seines geringen spezifischen Gewichtes an der Zusammensetzung der höchsten Schichten wesentlich Anteil nehmen dürfte, überdies Neon, Krypton und Xenon.

Der Sauerstoff (O_2).

Der Sauerstoff ist ein farbloses, geschmack- und geruchloses durchsichtiges Gas, welches bei 0° und 760 mm Hg nach den neueren Messungen 1,429 g pro Liter wiegt und ein spezifisches Gewicht von 1,105 — die Luft gleich 1 gesetzt — besitzt. Es gelang lange Zeit nicht, den Sauerstoff durch Abkühlung und Kompression zu einer Flüssigkeit zu verdichten. Seine kritische Temperatur wird mit —119, sein kritischer Druck zu 50 Atmosphären, der Siedepunkt bei 760 mm Hg Atmosphärendruck mit —182° C angenommen. Da er derjenige Bestandteil der Luft ist, welcher die Verbrennungen und Oxydationen unterhält, ist sein Anteil in geschlossenen Räumen nicht so konstant wie in der äußeren Atmosphäre. Insbesondere in Bergwerken, deren Luft durch die Atmung zahlreicher Arbeiter, durch Leuchtmaterialien oder Sprengungen verdorben wurde, findet man gelegentlich sehr niedere Sauerstoffmengen. Renk [6] zitiert Beobachtungen von Moyle aus den Carnischen Erzgruben, in denen die Luft maximal 18,95 und minimal 14,51 Proz. Sauerstoff enthielt. Bunsen [7] fand in einem Braunkohlenwerke nur 13,8 Proz. und Hausmann [8] in einer Grube am Harz nur 13 Proz. In Kohlengruben findet man neben geringen Sauerstoffgehalten auch beträchtliche Mengen an Grubengas. Nestor-Grehant [9] fanden in der Luft verschiedener Stollen eines im Betriebe befindlichen Kohlenbergwerkes Kohlensäure 1,0—1,8 Proz., Sauerstoff 16,1—18,0 Proz. neben 4,1—7,5 Proz. Methan. Nach Sprengungen sank der Sauerstoffgehalt in einem von Poleck beschriebenen Falle auf 4,88 Proz. [10]. Neue Beobachtungen veröffentlichte Giemsa [11], der darauf hinwies, daß Unglücksfälle beim Betreten schlecht ventilierter Schiffsräume nicht selten sind. In einem Raume, der analog einem andern war, in dem ein Unglücksfall sich ereignet hatte, wurde ein Sauerstoffgehalt von nur 10,2 Vol.-Proz. und ein Kohlensäuregehalt von 0,05 Proz. erhoben. In Flaschenversuchen wurde dann festgestellt, daß Leinkuchen, Fichtenharz. Steinkohle, Koks, Maiskörner und selbst Eisendrehspäne — sämtlich häufige Ladegüter — geeignet sind, den Sauerstoff bis zu bedenklichen Verdünnungen herabzusetzen, insbesondere wenn hohe Temperatur und feuchte Luft mitwirken.

Wenn Menschen in beengte Räume eingeschlossen werden, kann der Sauerstoffgehalt der Luft rasch unter die zum Leben notwendige Menge herabsinken. Eine traurige Berühmtheit erlangte die Katastrophe auf dem englischen Schiffe Londonderry, auf welchem in einem Raume von 40 m^3 mehr als 70 Personen erstickten. Ähnliche Ereignisse sind der Tod von 123 Engländern, welche der Nabob von Bengalen nach der Eroberung von Fort William im Jahre 1756 in einen geschlossenen, nur mit zwei vergitterten Fenstern versehenen Raum, der schwarzen Höhle von Kalkutta, hatte einschließen lassen, sowie das Ende der 260 nach der Schlacht von Austerlitz gefangenen Österreicher, welche in ein enges Gefängnis gesperrt wurden [12].

Sauerstoffmangel tritt ferner auf, wenn der Luftdruck, z. B. in pneumatischen Kammern oder in beträchtlichen Höhen, sich vermindert (vgl. die Kapitel Luftdruck und Höhenklima).

Physiologisches.

Da der Sauerstoff durch seine oxydative Fähigkeit alle Verbrennungsprozesse des Organismus unterhält, ist ein Leben ohne Sauerstoff für den Menschen auch für kurze Zeit undenkbar. Die Menge von rund 21 Proz. Sauerstoff der normalen Atmosphäre stellt übrigens keineswegs das Existenzminimum an Sauerstoff dar. Dies geht daraus hervor, daß in beträchtlichen Höhen über dem Meere, ferner bei Ballonfahrten und schließlich in der pneumatischen Kammer beträchtliche Luftverdünnungen ertragen werden. In dieser Hinsicht sei auf das Kapitel „Luftdruckerniedrigung“ und „Höhenklima“ verwiesen. Es fehlt auch nicht an Versuchen, festzustellen, bis zu welchen Grenzen der Luft Sauerstoff entzogen und durch ein anderes indifferentes Gas (Stickstoff) ersetzt werden kann, ohne daß auffällige Erscheinungen beobachtet werden.

Es sei hier zunächst an einige grundlegende Tatsachen der Chemie der Atmung erinnert. Durch die Vermittlung der Lungenalveolen und der Kapillaren derselben wird dem Blute Sauerstoff zugeführt [13]. Wie aus der Analyse der Blutgase hervorgeht, befinden sich die Gase im Blute teils gelöst nach den Gesetzen der Absorption, teils in chemischer dissoziabler Bindung. Für die Absorption, die sogenannte physikalische Bindung, ist das Henry Daltonsche Gesetz maßgebend, nach welchem die absorbierbare Gasmenge von der Natur des Gases und seiner Dichte, ferner von der Art und Menge der absorbierenden Flüssigkeit abhängig ist. Der „Absorptionskoeffizient“ (α) bezeichnet diejenige Anzahl Kubikzentimeter Gas, die in einem cm^3 der Flüssigkeit aufgenommen werden kann, wenn diese bei einem Drucke von 760 mm mit der betreffenden Gasart gesättigt ist. Da diese Gasmenge (g) dem Partialdrucke (p) und dem Volumen (h) der Flüssigkeit proportional ist, hat man

$$g = \frac{\alpha h p}{760}.$$

Kennt man die Absorptionskoeffizienten für die entsprechende Temperatur, so lassen sich die absorbierten Gasmengen ausrechnen. Für den Gasaustausch in den Lungenalveolen ist die gegenüber der Atmosphäre geänderte Zusammensetzung der Alveolarluft zu berücksichtigen. Diese enthält bei einer ungefähren Temperatur von 38° C eine Wasserdampfmenge von 6,5 Proz., entsprechend einem Partialdrucke von 49,3 mm, einen Sauerstoffgehalt von

15 Proz., an Stickstoff 80,2 Proz. und an Kohlensäure 4,8 Proz. Berücksichtigt man ferner die Werte für den Absorptionskoeffizienten α der für das Blut bei 38 ° C

für den Sauerstoff . . . 0,022
für den Stickstoff . . . 0,011
für die Kohlensäure . . 0,511

beträgt, so lassen sich in die obige Formel leicht die Werte einsetzen und man erhält für 100 cm³ Blut für den Sauerstoff

$$\frac{0{,}022 \cdot 100 \cdot \frac{15}{100} \cdot (760-49{,}3)}{760}$$

den Wert von 0,309 cm³. Analog für den Stickstoff

$$\frac{0{,}011 \cdot 100 \cdot \frac{80{,}2}{100} \cdot (760-49{,}3)}{760} = 0{,}825$$

und für die Kohlensäure nach

$$\frac{0{,}511 \cdot 100 \cdot \frac{4{,}8}{100} \cdot (760-49{,}3)}{760} = 2{,}29.$$

Wenn man die quantitativen Verhältnisse der aus dem Blute auspumpbaren Gase betrachtet, ergibt sich aber, daß Sauerstoff und Kohlensäure in viel größeren Mengen vorhanden sind, als es durch die physikalische Bindung möglich wäre. Es sind also die genannten Gase auch in chemischer Bindung vorhanden und zwar, da sie durch Luftverdünnung entfernt werden können, in einer lockeren dissoziablen chemischen Verbindung. Der Sauerstoff ist an den roten Blutfarbstoff der Erythrozyten gebunden in einer, wie die Möglichkeit des Auspumpens lehrt, vom Partialdrucke des Sauerstoffs abhängigen Bindung. Jedem Partialdruck entspricht bei Sättigung des Hämoglobins mit dem Gase unter sonst gleichen Bedingungen (Temperatur, CO_2, CO-Gehalt des Gases etc.) eine bestimmte Sauerstoffmenge für das Gramm Hämoglobin. Eingehende Versuche stammen von Krogh [14], der am Pferdeblute bei 38 ° bei Sauerstoffspannungen von 10 bis 150 mm die Mengen chemisch gebundenen und physikalisch absorbierten Sauerstoffs bestimmte. In den drei ersten Kolumnen der folgenden Übersicht finden sich die entsprechenden Werte für 100 cm³ Blut, ausgedrückt in cm³ Sauerstoff von 0 ° und 760 mm.

Sauerstoffspannung in mm	Sauerstoff in cm³ von 0° C und 760 mm Hg in 100 cm³ Blut		Chemisch gebundener Sauerstoff in Proz.
	chemisch gebunden	im Plasma gelöst	
10	6,0	0,020	30,0
20	12,9	0,041	64.7
30	16,3	0,061	81,6
40	18,1	0,081	90,4
50	19,1	0,101	95,4
60	19,5	0,121	97,6
70	19.8	0,141	98.8
80	19,9	0,162	99,5
90	19,95	0,182	99,8
150	20,0	0,303	100

In der letzten Reihe sind die chemisch gebundenen Sauerstoffmengen in Prozenten der bei einem Drucke von 760 mm beobachteten angegeben. Es erzielt also der halbe Atmosphärendruck eine chemisch gebundene Sauerstoffmenge, welche nur um sehr kleine Mengen von der bei normalem Sauerstoffdruck vorhandenen abweicht. Liegt schon in diesem Verhältnis ein wertvoller Regulationsfaktor, so vermag der Organismus durch die Veränderung der Atmung im Sinne der Vermehrung der Zahl der Atemzüge und insbesondere der Vertiefung der Atmung verminderte Sauerstoffdrucke auszugleichen.

Der Gasaustausch in der Lunge vollzieht sich auf Grund der Zusammensetzung der Luft in den Lungenbläschen: der Alveolarluft. Diese ist für den Menschen die eigentliche Atmosphäre, in der er lebt. Ihre Zusammensetzung ist bis zu einem gewissen Grade abhängig von dem Zustande der Außenluft, andererseits von Einnahme und Verbrauch. Je mehr Frischluft zuströmt, desto weniger wird, unter sonst gleichen Bedingungen, Sauerstoffmangel eintreten. Die Größe der Atmung, ihre Frequenz, der Zustand der Atemmuskulatur und des Atemzentrums ist individuell verschieden. Das Zusammenwirken dieser Faktoren führt bei ein und derselben Person unter sonst normalen Verhältnissen bei Ruhe wie bei Arbeit immer wieder zur selben Zusammensetzung der Alveolarluft. Diese erhält dadurch einen individuellen Charakter.

Bei herabgesetztem Sauerstoffgehalt der Luft sinkt die Spannung des Sauerstoffs in den Alveolen [14b]. Loewy [15] hat gezeigt, daß die Lungenventilation durch Beimischung verschiedener Kohlensäuremengen zur Einatmungsluft so gesteigert werden kann, daß die Alveolartension gleich bleibt (vgl. die folgende Tabelle).

	Sauerstoffgehalt der Einatmungsluft Proz.	Sauerstoffgehalt der Lungenluft Proz.	Atemgröße pro Minute Liter
a)	16,49	7,6	5,3
b)	10,58	7,3	13,7
a)	16,00	6,1	4,9
b)	10,15	6,1	8,5

In der ersten Versuchsgruppe ist die Sauerstoffspannung in der verdünnten Luft um ein weniges (0,3 Proz.) herabgesetzt, weil die Lungenventilation um beträchtlich mehr als das Doppelte sich vergrößert hatte. Im zweiten Versuche sind die Spannungen des Sauerstoffs in der Lungenluft gleich, trotz der niedrigen O-Spannung der Einatmungsluft und der mäßigeren Lungenventilation.

Bei den Versuchen von Loewy ergab sich, daß der Sauerstoffgehalt der Inspirationsluft um $^1/_3$ seiner ursprünglichen Größe herabgesetzt werden konnte, ohne daß die Sauerstoffspannung in der Lunge absank, wofern nur eine ausgiebige Steigerung der Lungenventilation möglich war. Die Sauerstoffspannung in der Alveolarluft darf aber, ohne daß das Leben gefährdet wird, nicht weit unter 35 mm Hg herabgesetzt werden, wie die Versuche von Loewy [16], A. Loewy, J. Loewy und Zuntz [17] ergeben haben, was einem Sauerstoffgehalte der Alveolarluft von etwa 4,5 Proz. im Meeresniveau entspricht. Bei welchem Sauerstoffgehalt der Atmosphäre diese Grenze jedoch erreicht wird, läßt sich mit Rücksicht auf die individuellen Schwankungen der Lungenventilation und des Verbrauches (Arbeitsleistung) nicht allgemein aussprechen.

In den Versuchen Loewys [23] im pneumatischen Kabinette zeigte die bei Körperruhe in sauerstoffarmer Luft zustande gekommene Alveolarspannung keine Herabsetzung, wenn zweckmäßige Muskelarbeit geleistet wurde. Sein Versuchsindividuum konnte eine Luftverdünnung bis 440 mm Hg eben ohne stärkere Beschwerden ertragen. Wurde hingegen am Ergostaten Arbeit geleistet, so war es möglich, die Luftverdünnung bis 410 mm Hg zu treiben. Die geleistete Arbeit betrug in 36′ 12000 Kilogrammeter. Der Sauerstoffverbrauch überstieg den Ruhewert um das Vierfache. Durch geänderte Atemmechanik lassen sich überaus geringe Sauerstoffmengen der Atmosphäre noch ertragen, besonders wenn Kohlensäure der Einatmungsluft zugesetzt wird. So findet Loewy bei einem Sauerstoffgehalt von 7,52 bzw. 7,32 Proz noch eine alveolare Spannung von 43,9 und 43,4 mm und einen vollkommen normalen Gaswechsel. Diese Sauerstoffwerte entsprechen einer Höhe von 8600 m.

Der günstige Einfluß der Kohlensäure liegt nach Bohr [24] in der durch die zunehmende Kohlensäurespannung erleichterten Dissoziation des Oxyhämoglobins, welche auch im (kohlensäurereicheren) Venenblute erhöht ist. Es tritt also mehr Sauerstoff im Plasma in Lösung und steht der Gewebsatmung zur Verfügung.

In den Tierversuchen von Friedländer und Herter [18] trat die Dyspnoe in der Ebene erst bei einem Sauerstoffpartialdruck von 7 Proz. ein; bei 12,7 Proz. war sie nicht bemerkbar und auch v. Terray [19] konnte bei 10,5 Proz. Sauerstoffgehalt der Inspirationsluft an Hunden und Kaninchen keine auffälligen Erscheinungen registrieren. Nach ganz neuen Versuchen von R. Frumina vermögen Kaninchen während $^3/_4$—1 Stunde ohne erkennbare Beschwerde in einer Luft zu atmen, deren Sauerstoffgehalt nur 4,7 Proz. beträgt. Die gegenteiligen Angaben von Kempner [20] am Menschen hat Speck [21] einer eingehenden Kritik unterzogen und in Selbstversuchen eine Steigerung der Lungenventilation erst bei einem Absinken des Sauerstoffpartialdruckes unter 10,5 Proz. nachgewiesen. Auch Durigs [22] Versuche bringen eine Bestätigung dieser Angaben. Doch ist nicht zu übersehen, daß, wie Durig bemerkt, diese Ergebnisse bei kurz dauernden Versuchen gewonnen wurden und vielleicht ganz anders ausfallen würden, wenn verminderte Sauerstoffpartialdrucke dauernd zu ertragen wären. Um Wiederholungen zu vermeiden, sei hier auf das Kapitel „Höhenklima“ verwiesen.

Auch die Versuche mit übernormalem Sauerstoffgehalt der Luft haben den Beweis geliefert, daß der Organismus innerhalb weiter Grenzen von den Schwankungen des Sauerstoffgehaltes in der Inspirationsluft unabhängig ist. Es findet hierbei, wie die Versuche von Regnault und Reiset [26], Lukjanow [27], L. Frédericq [28], insbesondere Löwy [29] und neuerdings Durig [30] ergeben haben, eine Beeinflussung der Zersetzungen im tierischen Organismus nicht statt. Insbesondere tritt, wie es Paul Bert auf Grund noch mangelhafter Methoden behauptete, keine Steigerung der Oxydationsvorgänge auf und auch Rosenthals Annahme [31], daß das lebende Protoplasma Sauerstoff „intrazellulär“ aufzuspeichern vermöge, hat durch Falloise [32] und besonders durch Durig eine eingehende Widerlegung erfahren. Die Sauerstoffmengen, welche eingeatmet wurden, betrugen bei Durig bis 95 Proz., bei Löwy bis 49 Proz. und in den Tierversuchen v. Terrays [33] 87 Proz. Gefährlich wird der Sauerstoff erst, wenn er im reinen Zustande unter einem Drucke von 3—4 Atmosphären eingeatmet wird oder wenn

durch Erhöhung des Druckes der Luft sein Partialdruck eine Erhöhung erfährt, welche an 2000 mm heranreicht. Solche Versuche führte Paul Bert [34] in großer Zahl aus und sah den Tod unter Konvulsionen, epileptiformen Krämpfen und tetanischen Erscheinungen eintreten. Mit Sicherheit tritt der Tod ein, wenn die Menge des im arteriellen Blute enthaltenen Sauerstoffes auf ca. 35 Volumprozent ansteigt, was einer Kompression von ca. 20 Atmosphären entspricht. Aber schon bei 5—6 Atmosphären Druck machen sich mit zunehmender Dauer des Aufenthalts und dem Grade des Druckes steigend Störungen geltend, die P. Bert geradezu von einer Toxizität des Sauerstoffs zu sprechen veranlassen. Auch kleinere Drucke des Sauerstoffs (etwa 2 Atmosphären) schädigten, wie Lorrain Smith [35] gezeigt hat, in seinen Versuchen die sauerstoffbefördernde Funktion der Lungenzellen, so daß bei den Versuchsmäusen die Sauerstoffspannung des Blutes nicht mehr zur Norm zurückkehrte, wenn sie in normale Atmosphärenluft zurückgebracht worden waren. Nach Versuchen von Hill und Macleod [36] starben Mäuse ebenfalls bei einem Sauerstoffdrucke von 3 Atmosphären bei längerer Einwirkung, während 4—4 $^1/_2$ Atmosphären den sofortigen Tod zur Folge hatten. Selbst bei Kaltblütern (Fröschen) sah K. B. Lehmann den Tod bei 10—14 Atmosphären Druck unter zunehmenden Lähmungserscheinungen, Dunkelfärbung der Haut, auftreten [37]. Auch Mikroorganismen erleiden durch Sauerstoff unter Druck, je nach ihrer Art, verschieden abgetönte Schädigungen. Während der Choleravibrio durch einen Druck von 2 Atm. abgetötet wird, vermochten in den unter Rubners Leitung von Berghaus [38] gemachten Versuchen selbst 75 Atm. das Bact. coli, paratyphi B und den Proteus nicht zu töten.

Stickstoff und Argon.

Der Stickstoff stellt ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas dar, dessen Dichte im reinen (argonfreien) Zustande nach Rayleigh und Leduc 0,967 beträgt, das bei —146° und 35 Atm. Druck zu einer farblosen Flüssigkeit verdichtet wurde [39] und einen Siedepunkt von —194° aufweist. Im Blute soll sich nach Bohr Stickstoff in größerer Menge, als es bei einfacher physikalischer Bindung der Fall wäre, finden. Während durch diese nur 0,83 Vol.-Proz. festgehalten werden könnten, finden sich im Durchschnitt 1,23 Vol.-Proz und zwar gleichgültig, ob das Blut im Organismus oder außerhalb desselben untersucht wird. Diese erhöhte Absorptionsfähigkeit kommt nicht dem Plasma, sondern dem Hämoglobin zu und tritt erst in Erscheinung, wenn neben dem Stickstoff auch Sauerstoff vorhanden ist. Es ist noch unerforscht in welcher Form sich der überschüssig gebundene Stickstoff an den Blutfarbstoff kettet [40].

Bei Menschen oder Tieren, die sich unter einem stark erhöhten Druck (Taucherglocke, Caisson) befanden und rasch auf Atmosphärendruck gebracht werden, treten nicht selten lebensgefährliche Gasembolien auf. Das im Herzen oder den Gefäßen angesammelte Gas besteht zum größten Teile aus Stickstoff, der nur verhältnismäßig langsam auf dem Wege der Ausatmung aus dem Körper entfernt werden kann (P. Bert [41], v. Schrötter [42]). Siehe S. 451.

Die Frage, ob aus stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln gasförmiger Stickstoff abgespalten werden kann, war Gegenstand zahlreicher Untersuchungen, auf welche hier nicht näher eingegangen werden kann. Nur sei bemerkt,

daß den älteren Angaben von Regnault und Reiset [43], Seegen und Novak [44], welche eine solche Abgabe in nicht unbeträchtlicher Menge — die letztgenannten Autoren bis zu 11 Proz. bei mit Fleisch gefütterten Hunden — behaupteten, Pettenkofer und Voit [45], sowie M. Gruber [46] und Oppenheimer [46b] durch überaus sorgfältige Stickstoffbilanzversuche an Hunden entgegentraten. Auch Leo [47] fand in Respirationsversuchen die vermeintliche Stickstoffausscheidung desto geringer, je mehr es gelang, die Fehlerquellen auszuschalten und je besser man auf die Abwesenheit von Gas im Körper des Versuchstieres geachtet hatte. Man kann also annehmen, daß gasförmiger Stickstoff als Stoffwechselprodukt in einer irgendwie bemerkbaren Menge nicht abgegeben wird, was durch die neuen Versuche von Krogh [48] anscheinend endgiltig bewiesen wurde.

Eine Bedeutung des Argons für den tierischen Haushalt ist unbekannt. Im zirkulierenden Blute findet sich eine etwas größere Menge Argon als nach dem Absorptionskoeffizienten zu erwarten wäre (Regnard und Schloessing [49].

Kohlensäure.

Etwas größere Schwankungen als die vorgenannten Gase zeigt in der freien Atmosphäre der Gehalt an Kohlensäure. Als Quellen sind für dieses Gas von Belang: die vulkanischen Ausbrüche einschließlich der in vulkanischen Gegenden vorkommenden Ausströmungen aus der Erde, die Mofetten, von denen die Hundsgrotte bei Neapel und das Gifttal in Java die bekanntesten sind. Höchst ergiebige Kohlensäurequellen stellen auch die Mineralwässer dar. Lesoq [50] berechnete, daß jene der Auvergne allein kaum weniger CO_2 ausscheiden, als der Kohlenverbrauch von ganz Europa erzeugt. In Kohlenbergwerken strömt die Kohlensäure als „matte Wetter" gelegentlich in mächtigen Massen aus. Im großen Stile entsteht Kohlensäure bei allen Verwesungs-, Fäulnis- und Gärungsprozessen, wobei gelegentlich lebensgefährliche Kohlensäureanhäufungen in mangelhaft ventilierten Dünger-, Abtrittsgruben, Kellereien, ferner in Gärbottichen zustande kommen. Die Oxydationsvorgänge im tierischen Organismus sind mächtige Kohlensäurequellen, was daraus erhellt, daß in der Exspirationsluft rund 4 Proz. CO_2 gegenüber 0,03 Proz. der Einatmungsluft vorhanden sind. Alle Verbrennungen sowie die Atmung der Pflanzenwelt bei Lichtabschluß liefern Kohlensäure. Der größte Teil der gebildeten Kohlensäure wird durch die chlorophyllhaltigen Pflanzen beseitigt, welche im Lichte Kohlensäure ein- und Sauerstoff ausatmen. Überdies absorbieren die niederfallenden Meteorwässer in allen Formen CO_2, ebenso wie das in den Boden versickernde Niederschlagswasser die als Endprodukt der Kohlenstoffverbrennung sich bildende Kohlensäure bindet. Daß es nur selten zu einer lokalen Kohlensäureanhäufung in der Luft im Freien kommt, ist der stets herrschenden Luftbewegung zu danken, welche auch bei scheinbarer Windstille besteht und für gründlichste Durchmischung Sorge trägt. So konnte Pettenkofer [51] in der Luft über der an Kohlensäure reichen Marienquelle in Marienbad in einer Entfernung von 5 cm über ihrem Austritte 31 Proz., 25 cm darüber 23 Proz., in einer Entfernung von 145 cm aber nur mehr 0.5 Proz. CO_2 nachweisen. Die große Dichte der Kohlensäure, welche bei 0° C und 760 mm Druck 1,524 beträgt (1 Liter CO_2 wiegt bei 0° C und 760 mm Druck 1,977), ist kein Hindernis, daß sich die Kohlensäure höheren Luftschichten selbst in geschlossenen

Räumen beimischt, wenn in dem Raume nur Ursachen zu mechanischen Strömungen der Luft vorhanden sind, sei es, daß die Kohlensäure von der Atmung der Warmblüter stammend, mit einer höheren Temperatur, als die umgebende Luft sie besitzt, ausgestoßen wird oder als Produkt einer mit starker Wärmeentwicklung einhergehenden Verbrennung, z. B. bei Beleuchtungskörpern entsteht. Die geringfügige Erwärmung, welche die Luft durch den Kontakt mit dem menschlichen Körper erfährt, löst zur Mischung ausreichende Luftbewegungen aus. In Räumen, in denen solche Strömungen fehlen, bleibt die Kohlensäure in den unteren Teilen angesammelt, z. B. in der Hundsgrotte von Neapel, in welcher die Kohlensäure den Boden bis zur Höhe eines halben Meters in einer für das tierische Leben gefährlichen Konzentration erfüllt. Ähnliche Verhältnisse bestehen in schlecht gelüfteten Gärkellern, geschlossenen Gärbottichen und ähnlichen Orten.

Der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre wurde früher mit 0,04 Vol.-Proz. etwas zu hoch angenommen [183]. Im Durchschnitt wird der Gehalt mit 0,03 Vol.-Proz. ohne wesentliche Änderungen bis in Höhen von 4560 m anzunehmen sein [184]. Am geringsten ist der Gehalt über dem Meere, namentlich auf der südlichen Hemisphäre. Müntz-Aubin ermittelten für die Meere der nördlichen Hemisphäre 0,0282, für jene der südlichen Hemisphäre 0,0272 CO_2 in 100 Volumteilen Luft. Nach A. Kroch [52] beträgt in Grönland unter 70° n. Br. der Kohlensäuregehalt 0,07 bis 0,025 Proz., im Mittel 0,048 Proz. Ähnlich hohe Werte will auch Moß [53] bei der englischen Polarexpedition 1875 gefunden haben (Mittel 0,055). Inwieweit etwa Differenzen der Methoden an diesem abnormalen Verhalten der Kohlensäure der Luft schuld tragen, muß dahingestellt bleiben. Zwischen der Luft im Walde und außerhalb desselben ist nach Ebermayer [54] kein wesentlicher Unterschied. Bei Nacht ist der Kohlensäuregehalt nach den meisten Beobachtern etwas gegenüber jenem des Tages erhöht. Nur in der Stadt ist der Einfluß der Nacht nicht bemerkbar oder entgegengesetzt, wofür wohl die feste, die kohlensäurereiche Bodenluft am Austreten hindernde Decke, sowie das Überwiegen der CO_2-Produktion am Tage maßgebend sein dürfte [55]. Beträchtlichere Differenzen bestehen zwischen Stadt und Land. Namentlich im Innern großer Fabrikstädte und zwar wieder vorzugsweise bei starken Barometerdepressionen, welche ein Austreten von (CO_2-reicher) Bodenluft begünstigen und bei Nebel findet man hohe Kohlensäuregehalte, welche allerdings hinter jenen Zahlen zurückbleiben, die man nach den großen Mengen Ruß und Rauch und der enormen Menge erzeugter Kohlensäure erwarten würde. Boussignault [56] berechnete schon 1844 die täglich von Paris erzeugte Kohlensäuremenge mit 3 Millionen Kubikmetern.

Für Rostock war nach Uffelmanns Angaben [185] die Luft auf freiem Felde in den Jahren 1886/87 um 0,033 ‰ kohlensäureärmer als jene des Hofes der Universität. Blochmann [186] schätzt die Differenz zwischen Stadt- und Landluft auf 0,02—0,03 ‰.

Als Regulator größten Stiles faßt Schlösing [57] das Meer auf. Bei abnehmendem Kohlensäuregehalte dissoziieren die Bikarbonate der alkalischen Erden, bei zunehmender Kohlensäure hingegen wandeln sich die suspendierten Monokarbonate in Bikarbonate um.

Über den Gehalt an Kohlensäure orientiert die folgende, dem Handbuche der Geophysik von Günther entnommene, nach den Zusammenstellungen von Heine und van Bebber entworfene Tabelle [58].

	Mittelwert in Volumprozenten
Th. Saussure (Genf, 1830)	0,0415
Thénard (Paris, 1813)	0,04
Boussignault (1835)	0,04
v. Zittel (Wüstenluft)	0,0375
Fr. Schulze (Rostock)	0,0292
Henneberg (Göttingen)	0,0332
A. Lévy (Montsouris)	0,0297
Fittbogen (Dahme bei Jüterbog)	0,0292
Thorpe (Meerbeobachtungen)	0,03015
Reiset (bei Dieppe)	0,0298
A. Smith (in Madrid)	0,0516
A. Smith (bei Madrid)	0,0450
A. Smith (auf Plätzen Londons)	0,04425
A. Smith (in Parks von London)	0,0301
Fodor (in Budapest)	0,03885
Spring-Roland (in London bei Nebel)	0,072 (!?)
Haldane (ebendaselbst bei Nebel)	0,050—0,065 [59]
Haldane (ebendaselbst an nebelfreien Tagen)	0,040 [60]

In Berlin, Klosterstraße, nahe dem Zentrum der Stadt fand Wolpert im Mittel 0,343 ‰ CO_2; in der Hessischen Straße im Nordwesten, näher der Peripherie der Stadt für den Januar 0,337, Februar 0,343, März 0,325, April 0,341. An Sonntagen, besonders aber an den Osterfeiertagen sank die CO_2 nicht unerheblich: im Mittel um 0,037 ‰ [189].

Nach Blochmanns [61] zusammenfassenden Schlüssen ist der Gehalt an Kohlensäure über Meer und Festland im allgemeinen gleich, nur zeigt im Gegensatz zur Seeluft die Landluft am Tage eine kleine Abnahme, wohl dadurch hervorgerufen, daß in der Nacht die warme, kohlensäurereiche Bodenluft in die Atmosphäre übertritt. Entgegen den früheren Annahmen nimmt die Kohlensäure bis in Höhen von mehr als 4000 m nicht merklich zu, was insbesondere von Andrée [62] und vorher schon für den Pic du Midi (2877 m) von Müntz und Aubin [63] und für die Grand Mulets (Montblanc) (3050 m) von de Thierry [64] erhoben worden war. Nach theoretischen Erwägungen müßte der Kohlensäuregehalt mit der Höhe abnehmen. Da ja die Atmosphäre als ein Gemenge von Gasen aufzufassen ist, welche unter dem Einflusse der Schwerkraft stehen, jedoch gegeneinander chemisch indifferent sind, hätte man sich das Luftmeer als zusammengesetzt aus mehreren voneinander unabhängigen Atmosphären des Stickstoffs, des Sauerstoffs, der Kohlensäure usw. vorzustellen. Jede sollte wieder entsprechend dem spezifischen Gewichte des Gases eine Abnahme der Dichte mit der Höhe zeigen, so zwar, daß die Dichte der schwereren Gase sich rascher, die der leichteren langsamer mit der Höhe vermindert. Daraus folgt, daß in der Höhe die leichtesten Gase Helium, Wasserstoff in erheblicherem Maße an der Luftzusammensetzung Anteil nehmen [65]. Damit würden die Angaben von Henriet und Bonyssy [66] übereinstimmen, welche jede Abnahme des CO_2-Gehaltes unter die normale Grenze mit dem Heranwehen von Luft aus höheren Regionen erklären. Eine Stütze ihrer Ansicht bildet auch die Erhöhung der Ozonzahlen mit sinkendem CO_2-Gehalt und umgekehrt. Doch konnte man bisher bei Luftproben, welche aus 15½ Kilometer Höhe durch einen unbemannten Ballon herabgebracht wurden, hinsichtlich Sauerstoff-

Stickstoff und Argon keine Abweichung im Prozentgehalte von der Luft an der Erdoberfläche finden. Erst in jenen Höhen, in welche Luftströme nicht hinaufgelangen, dürfte die theoretisch erschlossene Zusammensetzung sich finden.

Ungleich höhere Werte als im Freien zeigt in der Regel der Kohlensäuregehalt der Luft bewohnter Räume. Dazu kommt noch, daß wir in ruhiger Zimmerluft von einer Lufthülle umgeben sind, welcher durch Lungen- und Hautatmung [67] Kohlensäure beigemengt ist. Nach K. B. Lehmanns [68] Untersuchungen ist diese Kohlensäureansammlung so bedeutend, daß durch sie der CO_2-Gehalt der Einatmungsluft jenen der Zimmerluft um das 2—3 fache übertrifft.

Fälle von ungewöhnlich hohen Kohlensäuregehalten finden sich mehrfach in der Literatur.

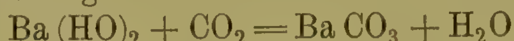
So fand Markl [69] in einer stark besuchten Schule in Böhmen (Oudoleu) Kohlensäuremengen von 7,63—14,8 ‰, Hesse [69] in Schwarzenberg 11,7 ‰. Derselbe Autor [69] fand in einem Tunnel bis 7,6 ‰. Während man früher einer durch einen höheren CO_2-Gehalt als 1 ‰ angezeigten, vom Menschen herstammenden Luftverunreinigung einen schädlichen Einfluß zusprach, zeigten die Versuche von Paul [70] und Ercklentz [71], daß man bei Einhaltung niedriger Temperaturen und Vermeidung von Wärmestauung selbst empfindlichen Personen einen Kohlensäuregehalt von 15—16 ‰ zumuten dürfe. Mächtig wird die erregende Wirkung auf die Atemzentra, wenn die Luft einen Gehalt von 4—5 Proz. aufweist, indem sich vornehmlich die Atemzüge vertiefen. Bei höheren Gehalten treten Druckgefühl und Schmerzen im Kopfe und verstärktes Pulsieren der Arterien auf. So fand Emmerich [72] bei einem Gehalte von mehr als 8 Proz. bei mehreren Personen während eines 10 Minuten dauernden Versuches starke Dyspnoe, Rötung des Gesichts, Kopfschmerz, der meist rasch wieder verschwand. Nach Specks [73] Angaben ist eine Luft mit 11,5 Proz. CO_2 schon vom ersten Atemzuge an unangenehm. Es stellte sich Benommensein des Kopfes, undeutliches Sehen, Schweiß, Zittern der Hände ein und das Gefühl, daß Bewußtlosigkeit herannahe, machte dem Versuche ein Ende. Auch Lehmann [74] und seine Mitarbeiter Bickel und Herrligkoffer vertrugen Luft in Gärkellern mit 11,6—14,7 Proz. nur wenige Minuten, da sich Steigerung von Puls und Respiration und beginnendes Ohnmachtsgefühl geltend machte. 1—2½ Proz. CO_2, also die 10—25 fache der nach den älteren Angaben zulässigen Menge halten sie für kräftige Arbeiter selbst bei jahrelanger Arbeit für unschädlich. Noch höhere CO_2-Gehalte als 18 Proz. führen nach vorausgehender Betäubung, auch wenn, was wohl selten vorkommt, der Sauerstoffgehalt nicht vermindert ist, zum Tode.

Bestimmung der Kohlensäure.

Man kann die Luftkohlensäure durch Wägung oder auf maßanalytischem Wege bestimmen. Im ersten Falle leitet man die zu untersuchende Luft durch Röhrchen, die mit Natronkalk, festem Bariumhydrat oder Ätzkali beschickt und genau gewogen wurden. Hat eine gemessene Menge Luft, welche vom Wasserdampfe befreit worden war, indem sie über mit konzentrierter Schwefelsäure getränkten Bimsstein geführt wurde, die Röhrchen passiert, so wird die durch die absorbierte Kohlensäure bedingte Gewichtszunahme der Röhrchen

durch Wägung ermittelt und auf die Volumeinheit berechnet. Die zeitraubende und nur mit Hilfe einer feinen Wage ausführbare Methode wird jedoch für hygienische Zwecke nur mehr selten empfohlen [75].

Am meisten ausgeführt wird das maßanalytische Verfahren nach Pettenkofer. In genau geeichte Flaschen von 4—8 Litern Inhalt wird die zu untersuchende Luft mit Hilfe eines mit einem Schlauchansatze versehenen Blasebalges, den der Experimentator, um eine Verunreinigung mit Atemluft zu vermeiden, von seinem Gesichte fern halten muß, eingefüllt, worauf man die Flasche mit einer Kautschukkappe verschließt und Lufttemperatur und Barometerstand abliest. Die Absorption der Kohlensäure wird mit Barytwasser nach der Gleichung



$$Ba(HO)_2 + CO_2 = BaCO_3 + H_2O$$

bewerkstelligt, indem man unter teilweisem Lüften der Kautschukkappe 100 cm³ des Barytwassers mittels einer Pipette möglichst tief in die Flasche einfließen läßt. Dann schließt man die Kappe und läßt unter zeitweiligem Umherschwenken die Absorption der Kohlensäure vor sich gehen, was eine halbe bis eine Stunde Zeit erfordert.

Nach Uffelmanns vergleichenden Versuchen geht die Absorption bei ruhig stehender Flasche erst in 4—6 Stunden, bei starkem Schütteln jedoch in einer halben Stunde vollständig vor sich [76].

Danach gießt man rasch bei geöffnetem Fenster oder im Freien die nunmehr durch das gebildete Bariumkarbonat getrübte Flüssigkeit in einen 100 cm³ fassenden Zylinder mit gut eingeschliffenem Glasstoppel, läßt den Niederschlag etwa 12 Stunden sich absetzen und hebert dann einen aliquoten Teil, in der Regel 25 cm³, der klaren Flüssigkeit für die Titration ab.

An Stelle des Sedimentierens kann man auch den Niederschlag durch Filtration entfernen, indem man in die Flasche ein kleines Trichterchen einhängt, das mittels eines dünnen Kautschukschlauches bis an den Boden reicht. Das Trichterchen ist mit einigen Lagen Filtrierpapier und Leinwandläppchen überzogen, so daß das Barytwasser klar mit einer Pipette abgesaugt werden kann.

Nach Uffelmann [76] kann man auch in der Flasche die Titration vornehmen, wenn das Barytwasser 24 Stunden gestanden hat, indem nach dieser Zeit das ausgeschiedene kristallinisch gewordene Bariumkarbonat durch die Oxalsäure nicht mehr zersetzt wird. Hierdurch wird auch die beim Übergießen unvermeidliche, allerdings geringfügige Fehlerquelle der Absorption der Luftkohlensäure vermieden. Den Indikator setzt Uffelmann schon dem Barytwasser zu. Den Flaschenverschluß durch Kautschuk ersetzt Uffelmann durch einen paraffinierten Kork, da Kautschuk selbst Kohlensäure absorbiere.

Eine sehr sinnreiche und genaue, für hygienische Zwecke jedoch entbehrliche Modifikation hat Nagorski und Subotin ausgearbeitet, Lewaschew beschrieben und empfohlen [77].

Wenn man den Wirkungswert des Barytwassers vor und nach der Absorption der Kohlensäure durch eine Oxalsäure feststellt, welche pro Liter 2,8636 gr kristallisierte Oxalsäure ($C_2O_4H_2 + 2H_2O$: Molekulargewicht: 126. CO_2: Molekulargewicht 44; 126 : 44 = 2,8636) enthält, so gibt die Anzahl der weniger verbrauchten Kubikzentimeter Oxalsäure direkt die Zahl der absorbierten Milligramme Kohlensäure an. Als Indikator verwendet man bei der Titrierung Rosolsäure (1 gr in 500 cm³ neutralisiertem Alkohol von

80 Vol.-Proz.) oder Phenolphthalein (2 Proz. alkohol. Lösg.). Verwendete man für die Titration nur 25 cm^3, so hat man das Ergebnis, da ja 100 cm^3 Barytlauge in die Flasche gegeben wurden, mit 4 zu multiplizieren.

Das Barytwasser wird durch Auflösen von 6—7 gr Bariumhydrat in einem Liter Wasser hergestellt. Überdies wird pro Liter 0,2 gr Bariumchlorid zugesetzt, um die im Bariumhydrat meist enthaltenen kleinen Mengen Kalium oder Natriumhydrat für den Ablauf der Reaktion unschädlich zu machen. Die Titerflüssigkeit wird in einer Flasche (Fig. 3) aufbewahrt, die mit einem doppeltdurchbohrten Kautschukstoppel verschlossen ist. In der einen Bohrung steckt eine bis an den Boden reichende Glasröhre b, die einen durch einen Quetschhahn abschließbaren Schlauch k trägt, in welchen die Pipette zur Entnahme des Barytwassers eingeschoben werden kann. Das zweite Rohr a trägt einen mit Natronkalk gefüllten kleinen Kolben A, den die an Stelle der abgesaugten Titerflüssigkeit eintretende Luft durchstreichen muß, ehe sie in die Flasche gelangt. Auf diese Weise gelingt es leicht, die Lauge vor der Luftkohlensäure zu bewahren und ihren Titer ziemlich konstant zu erhalten.

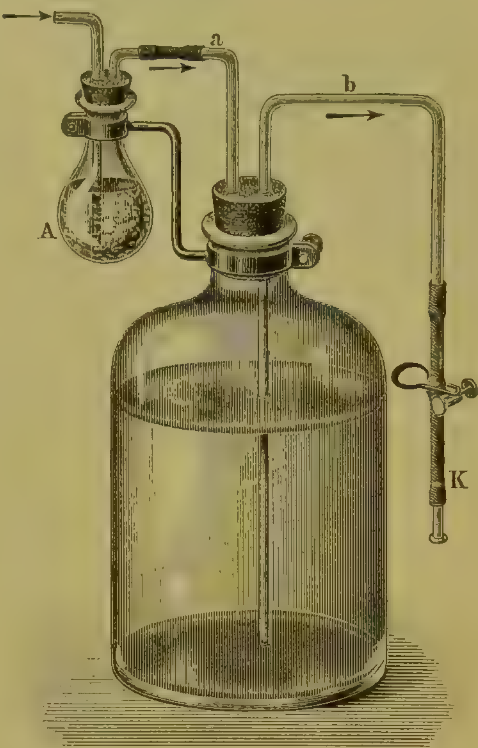


Fig. 3. Flasche mit Barytlösung mit Vorlage zur Entkohlensäuerung der eindringenden Luft.

Kennt man die Milligramme CO_2 in einem bestimmten Luftvolumen, so kann man, um die Kohlensäure in Volumprozenten auszudrücken, entweder die Milligramme CO_2 in Volumina vom abgelesenen Barometerstande und der beobachteten Temperatur nach der Tabelle

1 Liter CO_2 wiegt Gramm:

	740 mm Hg	744 mm	748 mm	752 mm	756 mm	760 mm	764 mm	768 mm
10°	1,82	1,83	1,84	1,85	1,86	1,87	1,88	1,89
12°	1,81	1,82	1,83	1,84	1,85	1,86	1,87	1,88
14°	1,79	1,80	1,81	1,82	1,83	1,84	1,85	1,86
16°	1,78	1,79	1,79	1,81	1,82	1,82	1,83	1,84
18°	1,76	1,77	1,77	1,79	1,80	1,81	1,82	1,83
20°	1,74	1,75	1,75	1,77	1,78	1,79	1,80	1,81
22°	1,73	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,79
24°	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,76	1,77

umrechnen [78] oder unter Berücksichtigung des Gewichts der Kohlensäure bei 0° und 760 mm Quecksilberdruck — 1 cm^3 CO_2 wiegt 1,97 mgr — das in Arbeit genommene Luftvolumen ebenfalls auf 0° und 760 mm Druck nach der Formel

$$V_{0,760} = \frac{V_1 \cdot B}{760\,(1 + \alpha t)}$$

reduzieren. Hierbei bedeutet $V_{0,760}$ das auf 0° und 760 mm Hg reduzierte Volumen, V_1 das ursprünglich beobachtete Luftvolumen der Flasche, vermindert um 100 cm^3 entsprechend der zugesetzten Menge Barytwasser, B den abgelesenen Barometerstand, t die Temperatur, α den Ausdehnungskoeffizienten der Gase für einen Grad Temperaturänderung = 0,00367.

Von den vorgeschlagenen Modifikationen der Pettenkoferschen maßanalytischen Kohlensäurebestimmung [79] hat die von Bitter [80] angegebene sich in vielen Laboratorien eingebürgert. Die Titration erfolgt in dem Kolben, in welchem die Absorption der Kohlensäure vorgenommen worden war. Man benützt hierzu starkwandige Rundkolben von etwa 3,5 Liter Inhalt, welche nach der Füllung mit dem Blasebalge mittels eines doppelt durchbohrten Kautschukstoppels, in dessen Bohrungen zwei gutsitzende Glasstäbe stecken, verschlossen werden. Statt des Barytwassers werden mittels einer in die eine Bohrung versenkten Pipette 50 cm^3 Strontiumhydratwasser unter Lüften des in der zweiten Bohrung steckenden Glasstabes in den Kolben gebracht. Nach 12 Stunden ist die Absorption der Kohlensäure beendet, worauf man mit Phenolphthalein als Indikator (1 Proz. in 70 proz. Alkohol) mittels einer Schwefelsäure (2,227 gr H_2SO_4 : 1000 entsprechend 1 mgr CO_2 pro cm^3) bis zur Entfärbung aus einer graduierten in die Bohrung versenkten Bürette titriert. Da bei Gegenwart von Strontiumsulfat die Wasserlöslichkeit des Strontiumkarbonats sehr gering ist, wird die Endreaktion scharf

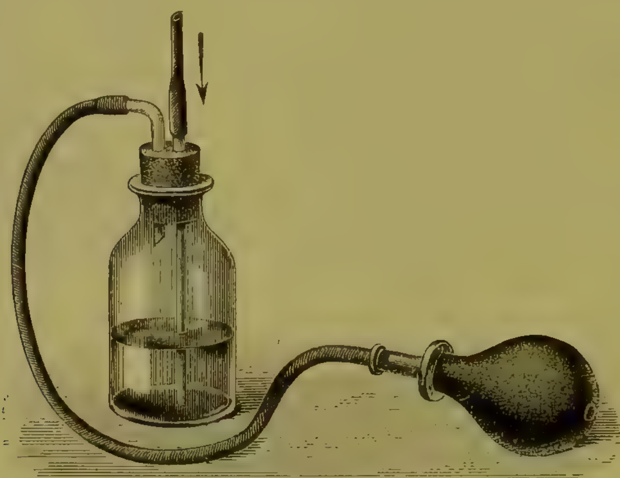


Fig. 4. Lunge-Zeckendorf: minimetrischer Apparat.

erkannt und das bei Verwendung von Barytwasser und Oxalsäure störende Wiederauftreten der Rotfärbung vermieden [81].

Von den zahlreichen Vorschlägen, die Kohlensäure gasvolumetrisch zu bestimmen [82], verdient der von Petterson und Palmquist angegebene, von Teich geprüfte und von Bleier in eine handliche und leicht tragbare Form gebrachte Apparat die größte Beachtung. Trotz seiner Vorzüge hat er die maßanalytische Methode nicht zu verdrängen vermocht [83].

Eine große Reihe von Methoden und Apparaten wurden zur approximativen Bestimmung der Kohlensäure empfohlen [84]. Am meisten wird das sogenannte minimetrische Verfahren von Lunge-Zeckendorf [85] genannt, welches auf einem von Angus Smith angegebenen Prinzip beruht.

Der vom Mechaniker Kramer in Zürich beziehbare, übrigens leicht herstellbare Apparat, Fig. 4, besteht aus einem 110 cm^3 fassenden Pulverglase. Der doppelt durchbohrte Kautschukstoppel hat in der einen Bohrung ein kurzes abgebogenes, mit einem Ballon von 70 cm^3 Fassungsraum verbundenes Glasrohr, während in der anderen Bohrung ein längeres bis zum Flaschenboden reichendes (nach Wiel [86] mit einem Ventilansatz versehenes) Rohr fixiert ist.

In das Pulverglas werden vor Beginn des Versuches 10 cm^3 einer

$^1/_{500}$ norm. Sodalösung gebracht, die mit Phenolphthalein rot gefärbt wurde (nach Fuchs [87] bei unreiner Luft die gleiche Menge einer doppeltkonzentrierten Sodalösung). Der nicht zu dickwandige Kautschukschlauch, der zum Ballon führt, besitzt einen scharfrandigen Längsschnitt, der als Ventil arbeitet. Drückt man den Ballon zusammen, so entweicht die Ballonluft, infolge des Widerstandes der in das längere Röhrchen aufsteigenden Sodalösung durch den sich öffnenden Spalt. Erschlafft der Ballon, so schließt sich der Spalt und es tritt eine dem Ballonvolumen genau entsprechende Menge Frischluft in die Flasche, deren Kohlensäure unter kräftigem Schütteln nach etwa 1 Minute von der Titerlösung absorbiert wird. Man drückt und dekomprimiert bis zur Entfärbung der Sodalösung, wobei man die Zahl der Ballonfüllungen notiert.

Im Mittel benötigt man für eine Luft von

0,3 ‰ CO_2	48	Ballonfüllungen
0,4 ‰ CO_2	35	"
0,5 ‰ CO_2	27	"
0,6 ‰ CO_2	21	"
0,7 ‰ CO_2	17	"
0,8 ‰ CO_2	13	"
0,9 ‰ CO_2	10	"
1,0 ‰ CO_2	9	"
1,2 ‰ CO_2	8	"
1,4 ‰ CO_2	7	"
1,5 ‰ CO_2	6	"
1,8 ‰ CO_2	5	"
2,1 ‰ CO_2	4	"
2,5 ‰ CO_2	3	"
3,0 ‰ CO_2	2	"

Wasserdampf.

Der Wasserdampf bildet einen fast nie fehlenden Bestandteil unserer Atmosphäre. Da seine Menge, seine Abscheidung als tropfbarflüssiges Wasser oder als fester Körper durch Temperatur, Luftdruck, Windrichtung u. a. beeinflußt wird, nimmt er unter den chemischen Bestandteilen der Luft eine Sonderstellung ein. Durch den stetig vor sich gehenden Wechsel seiner Aggregatform wird er auch zu einem der einflußreichsten klimatischen Faktoren, dessen Wertung die wichtigsten Kenntnisse über Wärme und Druckverteilung auf der Erdoberfläche voraussetzt und seine Besprechung in einem späteren Abschnitte rechtfertigt.

Ozon und Wasserstoffsuperoxyd.

Schönbein [88] erkannte 1840, daß der eigentümliche Geruch, welcher bei der Elektrolyse des Wassers auftritt, einem Gase zuzuschreiben ist, welches sich durch stärker oxydierende Eigenschaften als der gewöhnliche Sauerstoff auszeichnet. Wegen dieses Geruches nannte er das neue Gas Ozon (ὄζειν: riechen) und stellte auch fest, daß es bei langsamen Verbrennungen, besonders des Phosphors, sich bildet und in geringer Menge in der Luft der Atmosphäre vorhanden ist. Bis zur Erforschung der Konstitution des Ozons als O_3, welche besonders durch die Feststellung Marignacs und de la Rives [89], daß Ozon auch aus reinem Sauerstoffe entstehen

könne, ferner durch Fremy und Bequerel [90], besonders aber Tail und Andrews [91], sowie v. Babo [92] und Soret [93] sichergestellt wurde, war ein langer Weg, der sich durch das zähe Festhalten des Entdeckers an seiner Ansicht, daß Ozon eine Sauerstoffwasserstoffverbindung sei, mühsam gestaltete.

Wie der Entdecker bereits hervorhob, bildet sich in der Atmosphäre Ozon in der Nähe der Orte, wo der Blitz eingeschlagen hat. Damit stimmt auch überein, daß man künstlich Luft durch elektrische Entladungen ozonisieren kann, sowie der von Houseau festgestellte höhere Gehalt der Luft an Ozon während und auch vor einem Gewitter. Es sind offenbar auch den sogenannten stillen Entladungen, welche durch die Wechselwirkung der mit Elektrizität geladenen Wolken und dem Boden unserer Erde entstehen in der Weise, daß ein Übertritt der gegensätzlich polarisierten Elektrizität erfolgt, ozonisierende Eigenschaften zuzuschreiben. Eine mächtige Quelle für die Ozonbildung liegt in den verschiedenen Verdunstungsvorgängen an der Erdoberfläche, wobei die Menge des gebildeten Ozons mit steigendem Salzgehalte der verdunstenden Flüssigkeit zunimmt. So ist die Luft in der Nähe von Wasserfällen, Gradierwerken, in der Nähe des Meeres und auf demselben besonders ozonreich. Auch diese Ozonbildung wird auf die Reibung der verdampfenden Flüssigkeit bzw. der Salzteilchen zurückgeführt [94]. Eine weitere Ozonquelle für unsere Atmosphäre liegt in den stetig auf der Erdoberfläche vor sich gehenden Verbrennungsprozessen.

Nach neueren Arbeiten von Fischer und Brachmer [95] sowie H. Henriet und Bonyssy [96] entsteht Ozon unter dem Einfluß der ultravioletten Strahlen, die von der Sonne ausgesendet werden. Da die Luft diese Strahlen meist stark absorbiert, entsteht das Ozon in den obersten Luftschichten in größeren Mengen und nur bei Windstille und großer Durchsichtigkeit der Atmosphäre auch in den unteren Luftschichten Demnach wird das Ozon meist durch Winde herabgeweht oder durch Regenfälle aus großer Höhe herabgebracht. Mit steigendem Ozongehalte sinkt der Gehalt der Luft an Kohlensäure.

Das Ozon wurde nach vielen vergeblichen Versuchen durch Hautefeuille und Chappuis unter einem Druck von 125 Atm. und einer Temperatur von -125^0 C zu einer dunkelblauen bei -119^0 siedenden Flüssigkeit verflüssigt. In Wasser ist Ozon nicht oder nur wenig löslich. In der Regel benutzt man zum qualitativen Nachweis Kaliumjodid, das nach der Formel



$$2\,KJ + H_2O + O_3 = 2\,KOH + O_2 + J_2$$

bei Gegenwart von O_3 Jod abspaltet, welches mit Stärke Blaufärbung gibt. Durch Vergleich mit einer Farbenskala läßt sich die Ozonmenge schätzen, wenn man die Jodkaliumstärkelösung auf ein geeignetes Papier aufgetragen hat. Auf die Fehler dieser Methode, welche je nach der Menge der in der Zeiteinheit vorbeigeführten Luftmenge, also je nach der Bewegtheit der Luft. verschiedene Resultate geben muß, hat bereits Wolffhügel [97] aufmerksam gemacht und gefordert, daß gemessene Mengen Luft mit gleicher Geschwindigkeit an dem Papiere vermittelst eines eigenen Apparates vorbeigeführt werden müßten. Da andrerseits die Reaktion einen gewissen Feuchtigkeitsgehalt der Luft benötigt, wird sie bei trockener ozonreicher Luft schwächer ausfallen als bei ozonärmerer, feuchterer Luft. Man kann die Reaktion demnach mit Schöne [98] eher eine hygrometrische und mit Bezug auf den

Einwand Wolffhügels eine anemometrische, als eine ozonometrische bezeichnen.

Daher sind auch die Angaben von Luedicke [99] und Mackeroth [100], welche Ozonmaxima an windreichen und regnerischen Tagen gefunden haben, mit Vorsicht aufzunehmen.

Der Apparat von Wolffhügel [97] besteht aus zwei zum Teile ineinander geschobenen, durch einen Kautschukschlauch luftdicht verbundenen Glasröhren. Das innere Glasrohr wird vom äußeren um einige Zentimeter überragt. An der Mündung dieses Rohres (bei b) befindet sich der mit Jodkalistärkekleister getränkte Papierstreifen, über welchen die bei a einströmende Luft streicht. Angesaugt wird die Luft bei e mittelst einer Pumpe, vor welche zur Messung und Regulierung der Luftmenge ein Gasmesser geschaltet ist.

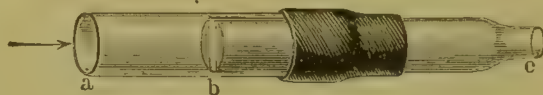


Fig. 5.

Um sich vor der Feuchtigkeit zu schützen, hat man an Stelle des Jodkaliumstärkekleisterpapieres auch Thalliumoxydulhydrat (in wässeriger Lösung 1:10) auf Papier aufgetragen. Die Ausscheidung von braunem Thalliumoxyd, dessen Färbungsintensität durch Vergleich festgestellt wird, ist ein Maß für Ozon (und Wasserstoffsuperoxyd). In neuerer Zeit wurde von Chlopin [101] auch Ursol D der Berliner Anilinfabrik als Reagens auf O_3 empfohlen, das sich blau bis violett verfärben soll.

So wenig befriedigend die Methoden sind [102], ebenso läßt die Deutung des Ozongehaltes im Stiche. Der mittlere Gehalt der Luft an Ozon ist nach regelmäßigen vieljährigen Messungen im Parke Montsouris (Paris) im Mittel in Milligrammen pro 100 m^3: Winter 1,41, Frühling 1,74, Sommer 1,84, Herbst 1,43, Jahr 1,61. Im August 1896 wurde gefunden: Montsouris 2,0, Chamonix (1080 m Höhe) 3,7, Grand Mulets (3050 m Höhe) 9,4; demnach — vergl. die Angaben von Henriet und Bonyssy — eine bedeutende Zunahme mit der Höhe.

Ein Einfluß der Vegetation auf die Ozonmenge wurde wiederholt angegeben, so von Ebermayer [103], der die Luft im Walde und in der Nähe desselben viel ozonreicher fand als in Gegenden, die von Wäldern entfernt liegen, während Zittel [104] in Oasen der lybischen Wüste weniger Ozon fand als in der offenen Wüste.

Ob Ozon eine klimatische Bedeutung hat, ist eine offene Frage. Fast ausnahmslos mißlingt der Ozonnachweis dort, wo staubhaltige oder verunreinigte Luft vorhanden ist. Demnach wird Ozon als ein Indikator reiner Luft angesehen. Ein Zusammenhang zwischen Erkrankungen oder Mortalität mit dem Ozongehalte ließ sich nicht aufrechterhalten, ebensowenig wie die therapeutische Anwendung von Ozon oder „Ozonwasser" zu einem befriedigendem Resultate führte. Mehrfach wurden bei Choleraepidemien fallende Ozonzahlen erhoben (Moffat [105] in England, Böckel in Straßburg u. a.). Wolf [106] fand bei Ruhrtodesfällen eine gleichnamige Koinzidenz mit dem Ozongehalte. Indessen sind diese Ergebnisse mit Vorsicht aufzunehmen. Selbst über die physiologische Einwirkung des Ozons gehen die Ansichten der Autoren weit auseinander [107]. Wie Dubrunfant [108] betonte, ist es überaus schwierig, Ozon darzustellen, welches frei von Stickstoffsauerstoffverbindungen ist, so daß es schwierig ist, die Wirkung des

Ozons von jener seiner Verunreinigungen zu trennen. Nach Labbé und Oudin [109] ist wirklich reines Ozon überhaupt sehr wenig wirksam, während Flügge [110] der stark ozonhaltig gemachten Luft die Entstehung von Schläfrigkeit und eine Reizung der Respirationsschleimhaut, bei stärkerem Gehalte an Ozon sogar Glottiskrampf zuschreibt. Mit Rücksicht auf die bemerkenswerten Erfolge der Wassersterilisierung durch Ozon (Schüder und Proskauer [111], Ohlmüller [112], Weyl [113], Calmette [114] u. a.) wäre man geneigt, dem Ozon eine starke Einwirkung auf das Protoplasma zuzuschreiben.

Vielleicht spielt der Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre eine entscheidende Rolle. So hatte trockenes Ozon nach Ohlmüllers Versuchen auf trockene Bakterien, z. B. Typhusbakterien auf Seidenfäden angetrocknet, keinen Einfluß, wurde dagegen das angetrocknete Bakterienmaterial mit Wasser befeuchtet und dann mit Ozon behandelt, so konnte eine beträchtliche Wirkung, selbst auf Staphylokokkeneiter, erhoben werden.

Die Versuche, durch Ozonentwickelung die Luft zu reinigen, haben, soweit aus den Angaben zu entnehmen ist, auch auf empfindliche Personen keinen nachteiligen Einfluß ergeben. Und doch scheint, wenigstens hinsichtlich der Bindung von durch Menschen, Tiere, Mikroorganismen produzierten Riechstoffen, Ozon Treffliches zu leisten. So wurde mit dem Apparate von Elworty-Kölle in einem Zwischendecke eines großen Auswandererschiffes trotz geschlossener Fenster durch Lübbert [115] ein so voller Erfolg erzielt, daß von dem sonst so störenden üblen Geruche nichts zu merken war, und in einem älteren Berliner Theater gelang es, die verdorbene Luft nach einer Nachmittagsvorstellung innerhalb 20 Minuten mit einem Temperaturverluste von nur 3°, gegenüber 10° durch Lüftung, völlig geruchlos zu machen. Nach Kuckuks [116] Ermittelungen tritt eine Einwirkung auf Bakterien hierbei nur in geringem Maße auf, indem von 175 Keimen 100 am Leben blieben.

Nach den eingehenden Versuchen, die unter Dunbars Leitung von A. Erlandsen und L. Schwarz jüngst angestellt wurden, handelt es sich bei der Beseitigung der unangenehmen Gerüche durch das Ozon nicht um eine tatsächliche Reinigung der Luft, als vielmehr um eine Geruchsverdeckung. So wurden Ammoniak und Schwefelwasserstoff durch mehrstündige Ozonisierung nicht oxydiert. Das gleiche scheint für Trimetylamin, Buttersäure, Valeriansäure, Indol, Skatol zu gelten. Auch Tabaksrauch wird nicht nachweisbar beeinflußt. Die Luftozonisierung könnte daher die Lufterneuerung niemals ersetzen [182].

Bei dem Apparate von Elworty-Kölle wird das Ozon in einem transportablen Holzschranke, in dem ein Gleichstrom-Wechselstromumformer eingebaut ist, entwickelt, indem der hochgespannte Strom zwischen den durch ein Glasrohr getrennten Elektroden stille Entladungen, sogenannte Glimmentladungen, bewirkt. Durch dieses Feld der stillen Entladungen wird die von einem Ventilator kommende Luftmenge durchgedrückt und ihr Sauerstoff in Ozon umgewandelt. Ramsay [117] bestimmte die für 100 Kubikfuß gebildete Ozonmenge mit 2 g und die für die Pferdekraftstunde erhaltene Ausbeute mit 31,7 g Ozon. Einer Notiz des Gesundheitsingenieur [118] ist zu entnehmen, daß sich Ozonisierungsapparate auch im Hoftheater in Stuttgart, in der Charité und im Berliner Opernhause bewährt haben. Ähnliche Apparate baute die Firma Siemens & Halske, während Fischer für die

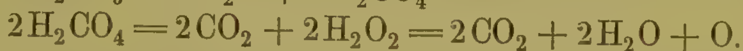
Ozonerzeugung die durch Nernstsche Glühkörper auf ca. 2000° erwärmte Luft rasch abkühlt.

Wasserstoffsuperoxyd besteht aus zwei Atomen Sauerstoff und Wasserstoff und bildet sich bei Gegenwart von Wasser bei vielen Oxydationen. In der Atmosphäre kommt es nach Schöne [119] nur in sehr kleinen Mengen vor: im Kubikmeter durchschnittlich in einer Menge von 0,000407 mg oder 0,268 cm^3 H_2O_2. Die meisten Regenwässer, häufig auch der Schnee, enthalten H_2O_2. Aber auch da ist die Menge nur geringfügig. So berechnete Schöne, daß im Laufe eines Jahres in 600 kg Regen und Schnee nur 111 mg H_2O_2 niedergefallen waren. Ilosvay de Nagy Ilosva [120] bezweifelt überhaupt die Gegenwart von H_2O_2 in der Luft und vermutet, daß die Wasserstoffsuperoxydreaktionen durch salpetrige Säure vorgetäuscht würden, eine Behauptung, gegen welche Schöne Stellung nimmt, indem er nachzuweisen versucht, daß Ilosvay mit nicht einwandfreien Methoden und Reagenzien gearbeitet habe [121].

Bach [122] läßt das H_2O_2 der Luft durch die Einwirkung des Wasserdampfes und der Sonnenstrahlen auf die Kohlensäure sich bilden, wobei Formaldehyd und Perkohlensäure vorübergehend entstehen soll.



$$3H_2CO_3 = CH_2O + 2H_2CO_4$$



$$2H_2CO_4 = 2CO_2 + 2H_2O_2 = 2CO_2 + 2H_2O + O.$$

Nach den Versuchen von Dieudonné [123] bilden unter dem Einflusse von Sonnenstrahlen, aber auch des diffusen Lichtes viele Stoffe, wie Gelatine- und Agarplatten, selbst Leitungswasser H_2O_2. Diesem Vorgange spricht Dieudonné einen wesentlichen Einfluß auf die keimtötende Kraft des Lichtes zu, eine Ansicht, der sich auch Buchner [124] anschließt.

Das wasserfreie Wasserstoffsuperoxyd ist eine farblose, durchsichtige, sirupartige Flüssigkeit, die als 3prozentige Lösung (Hydrogenium peroxydatum) und als 30prozentige Lösung, Perhydrol in den Handel kommt. In dickerer Schicht ist H_2O_2 blau bis blaugrün. Der Geschmack ist herb und bitter. Auf die Haut wirkt es wie ein Ätzmittel. In 1prozentiger Lösung wird es durch ein Enzym, das in Blut, Milch und vielen Geweben vorhanden ist und das auch zahlreiche Bakterien [125] zu bilden vermögen, die Katalase, in Wasser und Sauerstoff zerlegt. Dieses Verhalten sowie die desinfizierende [126] und konservierende Wirkung des H_2O_2 muß den einschlägigen Kapiteln dieses Handbuches überlassen werden.

Die geringen in der Atmosphäre vorkommenden Mengen Wasserstoffsuperoxyd scheinen eine hygienische Bedeutung nicht zu beanspruchen.

Da H_2O_2 in Wasser löslich ist, gelingt der Nachweis in der Luft entweder im Regenwasser oder im durch Abkühlung der Luft erzeugten Kondenswasser, dem man Jodkaliumstärke und zur Beschleunigung der Reaktion 1—2 Tropfen einer 0,5prozentigen Eisenvitriollösung zusetzt. H_2O_2 macht aus JK Jod frei und dieses färbt den Stärkekleister blau. Freie Kohlensäure und Ammoniumnitrit stören die Reaktion nicht. Näheres ist bei Schöne [127], ferner Engler und Wild [128] zu finden.

Ammoniak.

In kleiner Menge findet sich Ammoniak stets der Luft, sowohl jener im Freien, als auch der Zimmerluft beigemischt. In der Atmosphäre findet

es sich nicht als freies Ammoniak, sondern meist als Karbonat, seltener als Nitrit, Nitrat oder in anderer Bindung.

Im Freien wurden von zahlreichen Autoren Ammoniakbestimmungen gemacht. Fresenius [129] ermittelte für Wiesbaden aus einer längeren Bestimmungsreihe, daß die Außenluft im Mittel im Kubikmeter 0,126 mg NH_3 enthalte.

Zahlreiche Versuche machte Fodor [130] in Budapest, aus denen als Mittel pro m^3 0,0332 mg berechnet wurde. Im Winter war der Gehalt am niedrigsten mit 0,025 (1879). Levy [131] fand in Montsouris in den Jahren 1877—1880 im

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
0,018	0,021	0,025	0,022	0,022	0,023	0,023	0,025	0,023	0,022	0,02	0,019

mg pro m^3, woraus wieder der auch von Levy ausgesprochene Schluß, daß im Sommer ein größerer Gehalt gefunden wird, Bestätigung findet. Bei späteren Untersuchungen des gleichen Autors, die 9 Jahre umfassen, ließ sich jedoch ein analoges Verhalten nicht auffinden [132].

In Caracas (Venezuela) prüften Müntz und Marcano [133] den Ammoniakgehalt der Luft. Die Zahlen haben jedoch nur einen relativen Wert, indem das von einer bestimmten Fläche angesäuerten Wassers gebundene Ammon und nicht das in einer Maßeinheit enthaltene Gas ermittelt wurde. Das im Regenwasser absorbierte Ammon betrug in Caracas im Mittel 1,55 (Minimum 0,37, Maximum 4,01) mg pro Liter, Zahlen, die sich nicht erheblich von den für Montsouris von Levy gefundenen unterscheiden, wenn auch vielleicht, wie Müntz [134] gegenüber Levy hervorhebt, die höchsten Werte in den Tropen sich über jene in der gemäßigten Zone erheben. Wenn man erwägt, daß bei den hohen Wärmegraden tropischer Gebiete alle Zersetzungen und Fäulnisvorgänge in ausgedehnterem Maße ablaufen, wird man die Behauptung von Müntz nicht unglaubhaft finden. Daß die Luft der Städte, besonders der weniger gründlich assanierten, mehr Ammoniak enthält, ist ebenfalls verständlich. Uffelmann [135] fand für Rostock, einer Stadt, welche „im allgemeinen sanitär günstige Verhältnisse darbietet, viele Vegetation innerhalb der Stadt hat, nur noch (1887) sehr wenig Abortgruben und kaum irgendwelche größere Depots von Abfallstoffen besitzt“ und zudem durch die fast stetigen Winde gut ventiliert ist, verhältnismäßig niedere Zahlen und zwar für Juli und August 1887 im Mittel 0,025 mg pro m^3 mit Schwankungen von 0,000—0,120 mg. Der geringste Ammongehalt war bei Nord-(Meeres-)wind.

Nach den Ermittelungen Lehmanns [136] lassen sich Ammoniakmengen von 0,3—0,5 ‰ bei einiger Gewöhnung ohne schweren Schaden längere Zeit, 1 ‰ bis 2 ‰ ohne Gefahr nur kurze Zeit ertragen, während Mengen von 5 ‰ rasch verderblich wirken. Nach den neueren Ermittelungen Ronzanis [137] erleidet jedoch Ernährung, Blutzusammensetzung und vor allem die Disposition zu künstlichen Infektionen selbst durch Luft mit 0,5 ‰ NH_3 eine ungünstige Beeinflussung und erst Mengen von 0,1 ‰ sind indifferent. Diese Mengen sind jedoch ungeheuer gegenüber jenen der Zimmerluft oder der Atmosphäre, so daß den letzteren kaum je eine hygienische Bedeutung zukommen dürfte.

Für die Beseitigung des gebildeten Ammoniaks ist erschwerend, daß das Gas durch Kleiderstoffe und durch die Wände in großen Mengen auf-

genommen (adsorbiert) und erst nach Wochen aus dem Raume durch ausgiebige Lüftung entfernt wird (Kißkalt [138], Lehmann [139]). Zur Bestimmung der kleinen Mengen saugt man nach Hahn [140], gemessene Mengen Luft durch einen Kolben mit verdünnter Schwefelsäure und bestimmt nach Alkalisierung mit Natronlauge das Ammon mit dem Neßlerschen Reagens. Die Luft wird zweckmäßig mit dem Apparate von Schedelbauer, der eine durch Akkumulatoren angetriebene zweizylindrische Pumpe enthält, in den mit verdünnnter Schwefelsäure gefüllten Kolben eingesaugt.

Salpetersäure und salpetrige Säure.

Unter dem Einflusse elektrischer Entladungen und wohl auch bei der langsamen Oxydation vieler Körper an der Luft bildet sich aus Stickstoff und Sauerstoff zunächst NO und bei weiterer Oxydation salpetrige Säure (N_2O_3) und Salpetersäure (N_2O_5). Diese Verbindungen sind jedoch nicht im freien Zustande in der Luft vorhanden, sondern fast ausschließlich an Ammonium gebunden als Ammoniumnitrit und Ammoniumnitrat, Salze, die wegen ihrer leichten Löslichkeit in die atmosphärischen Niederschläge übergehen.

Stets sind nur sehr kleine Mengen vorhanden [141]. So fand Levy in Montsouris [142] in 13jähriger Versuchszeit folgende Monatsmittel für den Gehalt des Regens an Salpetersäure in mg pro Liter:

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
0,72	0,63	0,60	0,78	0,7	0,65	0,67	0,69	0,83	0,78	0,63	0,81

In Berlin fand Rubner für den Kubikmeter Luft einen Gehalt von 3,0 mg NO_2H und NO_3H [188].

Unvergleichlich höhere Zahlen erhielten Müntz und Marcano [143] für den Gehalt des tropischen Regens in Caracas. Für 63 Regenfälle vom Juli 1883 bis Juli 1884 ergab sich 2,45 mg, für 58 Regenfälle des Kalenderjahres 1885 2,01 mg. Das Maximum war 16,25 mg. Die hohen Zahlen der Tropen haben wegen der Stickstoffzufuhr eine landwirtschaftliche Bedeutung. Die mittlere Regenhöhe von Caracas mit einem Meter angenommen, findet man für das Hektar eine Stickstoffzufuhr von 5,78 kg pro Jahr gegen 0,33 kg im Elsaß (nach den Angaben von Bousingault) und von 0,83 kg (nach Lawes und Gilbert) für Rothamsted in England. In den Tropen findet also eine Düngung durch den Regen statt, die einem Aufwande von 50 kg Natronsalpeter pro Hektar gleichkommt, und mit Rücksicht auf den leicht assimilierbaren Zustand des Stickstoffes die üppige Vegetation der Tropen befördert.

Eine direkte hygienische Bedeutung scheint dem Nitrat- und Nitritgehalte der Luft nicht zuzukommen.

Neben den bisher besprochenen Gasen enthält die Atmosphäre Verunreinigungen, welche sich nicht konstant vorfinden, sondern ihre Anwesenheit örtlichen Beeinflussungen verdanken. So ändern Vulkanausbrüche in erheblicher Weise die Luftzusammensetzung, da sie neben großen Mengen Wasserdampf und Kohlensäure freien Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Chlorwasserstoff, Salmiak- und Schwefeldämpfe, flüchtige Verbindungen, wie Chloride von Eisen und Kupfer, Borsäure u. a. exhalieren [144].

Über Sümpfen enthält die Luft Methan und Wasserstoff, über Wäldern flüchtige Terpene. Aber auch die großen Städte und Fabriksbetriebe übermitteln der Luft Bestandteile, welche ihr entweder fremd sind, wie Chlor, Schwefelsäure, schweflige Säure, Arsen- und Phosphorwasserstoff u. a., oder in der Regel nur in kleinen Mengen vorkommen (Kohlensäure).

Nach den Ermittelungen von Russel [145] hinterließ der Nebel in London auf den vorher sorgfältig gereinigten Glasdächern eines Pflanzenhauses in Kew und Chelsea einen Rückstand von 30 bzw. 40 g für 20 Quadratyards (ca. $16\frac{1}{2}$ m^2) in 14 Tagen. In diesem Rückstande fand sich dann 4—4,3 Proz. Schwefelsäure, 1,4—0,8 Proz. Salzsäure, 2,6 Proz. metallisches Eisen.

Nach den interessanten Ermittelungen des Komitees für öffentliche Gärten der Manchester Fields Naturalists and Archaeologists Society [146] betrug in Manchester der Gehalt des Nebels an schwefliger Säure bis zu 3,72 mg im m^3. Im Inneren der Stadt stiegen die Werte auf das Doppelte und häuften sich hauptsächlich im Schnee auf 7,5 mg, am Krankenhause bis 31 mg pro m^2 Fläche. Auf einer Fläche von 1 engl. Quadratmeile hätte ein dreitägiger Nebel 1—$1\frac{1}{2}$ Zentner Schwefelsäure niedergeschlagen [147].

Die jahreszeitliche Verteilung ist aus nachfolgender Tabelle ersichtlich, wobei mg SO_3 auf 100 Kubikfuß Luft angegeben sind [148].

Monat	Owens College	Hulme	Town Hall	Ordsal
1891				
September	1,5	1,8	2,0	—
Oktober	1,7	3,1	3,4	—
November	4,3	3,7	6,2	5,9
Dezember	9,3	9,5	10,1	9,5
1892				
Januar	6,3	7,3	9,1	10,9
Februar	5,9	7,5	7,1	7,4
März	6,5	8,9	12,7	9,8
April	6,0	9,7	10,3	12,6
Mai	4,1	3,8	3,4	5,6
Juni	3,2	4,2	2,6	4,5
Juli	3,2	5,7	1,7	4,9
August	2,7	4,8	3,9	4,3

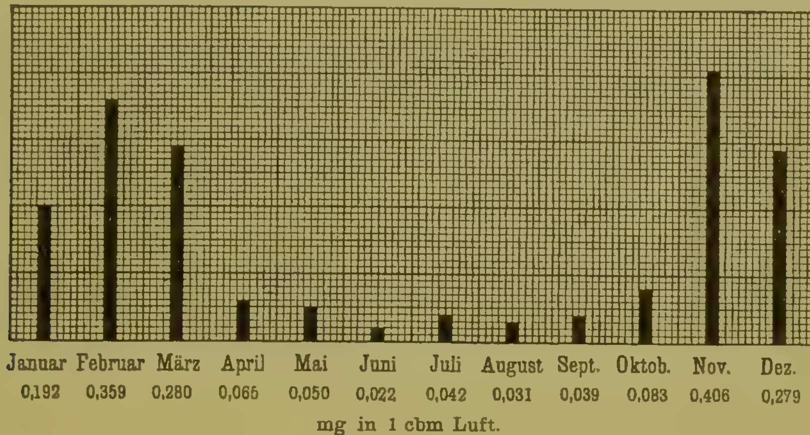
Nach Schaefer [149] produziert London täglich 2700 Tonnen SO_2. Die in der Luft befindliche Menge ist im Winter größer als im Sommer, an Nebeltagen und bei Nacht größer als bei klarem Wetter und am Tage. Nach Schaefer reichen die vorhandenen Mengen aus, um Reizerscheinungen von seiten der Lunge und der Bronchien hervorzurufen. Auch erscheint bei so hohen Zahlen die schnelle Zerstörung von Kunstwerken in den Städten, besonders durch den Schnee, dessen Absorptionsvermögen für die genannten Säuren sehr groß ist, verständlich. Nach C. Lang [150] enthielt Neuschnee in München 7—8 mg Säure, während der alte Schnee 14 Tage nach seinem Falle 61 mg Säure aufwies.

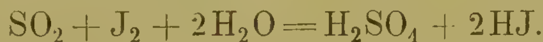
Aus neuster Zeit stammen die Untersuchungen von Hurdelbrink [151], welcher den Gehalt der Luft an schwefliger Säure und Schwefelsäure in Königsberg feststellte und die in den einzelnen Monaten gefundenen Mengen mit den in Manchester gefundenen Monatswerten verglich. Es fanden sich in 1 m^3 Luft mg SO_2:

Monat	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Manchester	2,9	2,4	3,3	3,4	1,4	1,2	1,3	1,3	0,6	0,9	1,7	3,4
Königsberg	0,19	0,36	0,28	0,07	0,05	0,02	0,04	0,03	0,04	0,08	0,4	0,28

Betreffs des niedrigeren Gehaltes an schwefliger Säure in Königsberg ist zu bemerken, daß in Manchester auch der Gehalt des Rußes an schwefliger Säure mitbestimmt wurde, während in Königsberg der Ruß durch ein Rubnersches Filter abgefangen wurde.

Von dieser Differenz abgesehen, zeigte die Luft beider Städte — gleich der Londoner Luft — im Sommer das Minimum an SO_2-Gehalt, wie aus der graphischen Darstellung, Fig. 6, ersehen werden kann.





mg in 1 cbm Luft.

Fig. 6. Durchschnittlicher Gehalt der Königsberger Luft an schwefliger Säure in den verschiedenen Monaten. 1 mm = 0,01 mgr in 1 cbm.

Bei der Bestimmung der schwefeligen Säure läßt man die SO_2 in Jodlösung absorbieren nach der Formel

$$SO_2 + J_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HJ.$$

Die gebildete Schwefelsäure wird durch Chlorbarium ausgefällt und gewogen. Nach v. Esmarchs Anregung werden in einer Anzahl von Städten Bestimmungen der schwefeligen Säure der Luft ausgeführt. Die Absorption erfolgt in mit Glasperlen und Glasscherben gefüllten Absorptionstürmen, welche von der Firma Chr. Deckert in Königsberg bezogen werden können.

Über die Schwierigkeiten einer einwandfreien Bestimmung der schwefligen Säure in der Luft siehe Rubner [187].

Daß auch Gebirgs- und Waldluft, sowie die Luft von Heideebenen Schwefelsäure enthält, zeigte Ost [152], indem er mit Barythydrat getränktes Baumwollzeug im Freien aufhing und die aufgenommene Schwefelsäure bestimmte. Der Nachweis erfolgte also nur qualitativ. Ost glaubt, daß die übrigens an Basen gebundene Schwefelsäure den Schornsteinen entstammt und durch Luftströme weit getragen würde. Schließlich mögen noch einige von Ascher mitgeteilte Werte des Air Analysis Comité in Manchester angeführt werden. Auf 100 Kubikfuß Luft wurde gefunden:

	Owen College	Hulme	Town Hall	Ordsal
November bis April	6,4	7,8	9,25	9,4
Mai bis Oktober	2,7	3,9	2,8	4,2

Als Produkte unvollkommener Verbrennung erscheinen in der Luft verbrennliche gasförmige Kohlenstoffverbindungen, die von Erismann [153]

Cramer [154], Gautier [155], Wolpert [156] bestimmt worden sind. In der Außenluft spielen sie quantitativ eine geringe Rolle. Wolpert hat in Berlin ihre Menge im Mittel mit 0,015 ‰ oder in Prozenten des Kohlensäuregehaltes mit 4,4 Proz. ermittelt. Gautiers Zahlen für Paris sind wesentlich höher, jedoch, wie Wolpert hervorhebt, nicht fehlerfrei. Ein Bild über die relativen Mengen liefern sie übrigens doch. Gautier findet in

Meerluft	C 0,02	H 1,21
Stadtluft	C 6,8	H 1,96
Waldluft	C 3,4	H 1,54
Höhenluft	C 0,66	H 1,97

Die für Paris berechnete Menge Kohlenoxyd beträgt höchstens 0,002 ‰. Wegen ihrer Geringfügigkeit entziehen sich diese Mengen dem direkten Nachweise.

Über den Gehalt der Luft an Jod verdanken wir ebenfalls Gautier [157] Aufschlüsse. Darnach existiert Jod weder als Gas, noch in Form löslicher Salze, sondern in Form komplizierter Jodverbindungen, die vermutlich in feinen Zerreibseln von Meerespflanzen, Algen, Diatomaceen enthalten sind. Dafür spricht auch, daß die Luft in Paris nur den 13. Teil der Jodverbindungen enthält als jene des Meeres.

Nach Henriet enthält die Luft auch Formaldehyd in geringen Mengen [158]. Für Montsouris wurden Werte zwischen $^{1}/_{100\,000}$ bis $^{5}/_{100\,000}$ des Luftgewichts gefunden. Eine desinfektorische Bedeutung kommt dieser kleinen Menge selbstredend nicht zu.

Die Luft enthält in der Nähe von Düngerstätten, Abdeckereien, Poudrettefabriken neben chemisch feststellbaren Gasen auch Riechstoffe. Als Symptome unzureichender Reinlichkeit wertvoll, kommt diesen Riechstoffen nicht mehr jene Bedeutung zu, welche ihnen zur Zeit der miasmatischen Theorie der Infektionskrankheiten zugeschrieben wurde. Als ekelerregende Gase jedoch wird die Hygiene ihre Beseitigung für Arbeiter und Anrainer fordern müssen. Über die Verunreinigung der Luft durch bestimmte Gewerbebetriebe siehe Gewerbehygiene.

Verunreinigungen der Luft durch die Atmung der Menschen und der Tiere. Durch den Gasaustausch in der Lunge erfährt die eingeatmete Luft eine Anreicherung mit Kohlensäure und Wasserdampf und andererseits einen Verlust an Sauerstoff.

Nach Speck enthält die Exspirationsluft im Mittel: 16,7 Proz. O, 3,6 Proz. CO_2, 79,7 Proz. N [180].

Neben diesen Bestandteilen enthält die Exspirationsluft kleine Mengen von im Tierkörper entstandenen Gasen, die größtenteils Produkte der Tätigkeit der Mikroorganismen sind, welche im Darm, aber auch auf den Schleimhäuten der Nase, des Mundes ihre zersetzende Tätigkeit entfalten. Vor allem sind ungepflegte Zähne, besonders der Karies verfallene, Quellen für Fäulnisgase.

Von diesen Gasen kommen neben komplizierteren Abbauprodukten vornehmlich der Wasserstoff, das Methan und das Ammoniak in Betracht. Für die Menge der erstgenannten scheint der Umfang der Gärungsprozesse im Darme von Belang zu sein. Demnach scheiden die Pflanzenfresser erheblich mehr der genannten Gase aus als die Fleischfresser. Ein Teil dieser Gase verläßt direkt den Darm, besonders reichlich bei jenen

Tieren, bei denen sich die Hauptmasse der Darmgärungen in der Nähe des Afters vollziehen (Pferd). Im entgegengesetzten Falle, z. B. Kaninchen, dessen Darmfäulnis vorwiegend im Blinddarme abläuft, wird, wie Tacke [159] nachwies, die Mehrheit der gebildeten Gase vom Blute der Darmgefäße aufgenommen und auf dem Wege der Diffusion in den Lungenalveolen der Exspirationsluft beigemischt. Nach Bestimmungen von Zuntz und C. Lehmann [160] enthält z. B. die Exspirationsluft des Pferdes 0,1 Proz. CH_4 und 0,04 Proz. H. Für den Menschen ist jedoch in der Lungenluft H und CH_4 nicht einwandfrei nachgewiesen [160], während in den Darmgasen sich beide Körper neben Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Merkaptanen u. a. vorfinden. Neben diesen Stoffen sollte aber die Exspirationsluft auch Gifte enthalten, welche in genügender Konzentration sogar den Tod im Gefolge hätten. Das in der Luft von überfüllten Räumen vorhandene „Gift" sei auch an den üblen Zufällen, Ohnmacht, Erbrechen schuld, welche sich bei übermäßiger Inanspruchnahme mangelhaft ventilierter Säle einstellen. Die ersten bestimmten Angaben über diese giftigen Substanzen machten im Jahre 1888 Brown Séquard und d'Arsonval [161], indem sie behaupteten, daß das Waschwasser der Lunge — es wurde Wasser in die Luftwege eines Hundes oder Kaninchens eingegossen, hierauf 4—8 cm^3 abgesaugt, filtriert — oder das Kondenswasser der Atemluft von Mensch und Hund in die Blutbahn normaler Kaninchen eingebracht, in kleinen Dosen (4—8 cm^3) Pupillendilatation, Verlangsamung der Atmung, Paralyse, besonders der hinteren Extremitäten, Pulsbeschleunigung erzeuge. Bei größeren Mengen Injektionsflüssigkeit trat unter Krämpfen, choleriformen Durchfällen der Tod ein. Die Pupillen waren sehr verengt. Die meisten der späteren Nacharbeiter, wie Dastre und Loy [162], Hofmann v. Wellenhof unter Grubers Leitung [163], Russo-Giliberti und Alessi [164], Beu [165] fanden keine andere Wirkung, als sie dem Wasser überhaupt zukommt, und Lehmanns und Jessens [166] Resultate sind insofern auch negativ, als es ihnen nicht gelang, eine giftige organische Substanz darzustellen, ein Versuch, der schon im Jahre 1888 Wurtz [167] auch mißlungen war. Eine teilweise Bestätigung erfuhren die Versuche von Brown-Séquard und d'Arsonval durch Merkel [168], der eine giftige flüchtige Base gefunden haben will, welche jedoch an Säuren gebunden, völlig harmlos ist. Die Base sei jedoch, wie überhaupt die organischen Substanzen in der Exspirationsluft, nur in äußerst geringer Menge vorhanden.

Auch durch eine andere Versuchsanordnung wollten Brown-Séquard und d'Arsonval den Nachweis des tierischen Toxins in der Ausatemluft geführt haben. Sie schalteten eine Anzahl von Käfigen mit Versuchstieren so an eine Luftpumpe, daß die Luft des ersten Käfigs den zweiten, den dritten usw. passieren mußte, so daß die Tiere im letzten Käfig die verdorbene Luft aller vorigen einatmeten. Auch dann, wenn durch sorgsame Reinlichkeit und einen Wasserverschluß der Einfluß der Exkremente und des Harns ausgeschaltet worden war, starben die Tiere der letzten Käfige in einigen Tagen bis Wochen, während die Tiere des ersten und zweiten Käfigs am Leben blieben. Um den Nachweis zu erbringen, daß nicht die Kohlensäure die Tiere getötet hatte, ließen die Forscher die verdorbene Luft durch konzentrierte Schwefelsäure streichen, die zwar die giftige organische Substanz, aber nicht die Kohlensäure zerstören konnte. Die auf diese Weise „gewaschene" Luft war nicht mehr giftig. Auch diese Versuchsanordnung

hielt einer Kritik der Nachuntersucher nicht stand. Wenn auch die Tatsache zu Recht besteht, daß meist der Tod in der oben geschilderten Reihenfolge eintritt, so konnte doch Beu [169] zeigen, daß der letale Ausgang sehr verzögert wird, wenn die Tiere in warmen Räumen gehalten werden. Um eine Schädigung nachzuweisen, ist es nämlich notwendig, den die Lufterneuerung besorgenden Luftstrom ziemlich langsam durch die Versuchskäfige streichen zu lassen; dadurch findet aber eine Anreicherung der Luft mit Wasserdampf statt, welche es bewirkt, daß bei kühlerer Temperatur des Versuchsraumes die Glaswandungen der Käfige, sowie die Versuchstiere von Kondenswasser triefen und die Tiere an Wärmeverlusten leiden. Wie schon Beu hervorhebt, läßt sich bei diesem Tatbestande auch die Wirkung der konzentrierten Schwefelsäure im Versuche von Brown-Séquard und d'Arsonval erklären. Sie absorbiert den Wasserdampf und beseitigt die Wirkungen der Durchnässung. Eine organische giftige Substanz anzunehmen sei unnötig. Auch die Nachprüfungen von Rauer [170] führten zu dem Schlusse, daß eine organische giftige Substanz nicht anzunehmen sei. Da bei Rauers Anordnung, offenbar unter dem Einflusse einer geringen Lüftung, der Kohlensäuregehalt sehr hoch stieg (ca. 15 Proz.) und Kontrollversuche mit reiner Kohlensäure der gleichen Konzentration den Tod der Tiere herbeiführten, andererseits dieser nicht eintrat, wenn die Luft durch Natronkalk entkohlensäuert wurde, nahm Rauer Kohlensäurevergiftung als Todesursache seiner Versuchstiere an. Man wird aber auch hier an den Einwand denken dürfen, daß nicht nur Kohlensäure, sondern auch Wasserdampf vom Natronkalk gebunden werden und dieser so die Stelle der konzentrierten Schwefelsäure vertritt. Einen schlagenden Beweis, daß ein organisches Gift nicht angenommen werden darf, brachten Lübbert und Peters [171], die die verdorbene Luft in einer Verbrennungsröhre über glühendes Kupferoxyd leiteten und trotzdem die verderbliche Wirkung der Luft bestätigten, wenn nicht vorher die Kohlensäure durch Natronkalk absorbiert wurde. J. S. Billings, S. Weir Mitchels und D. H. Bergeys [172] Versuche lassen ebenfalls nicht die Wirkung eines organischen Giftes erkennen, und auch Formánek [173] gelangt in seinen besonders eingehend die Literatur berücksichtigenden Auseinandersetzungen zu dem Schlusse, daß es hauptsächlich das Ammoniak sei, welches bei der Brown-Séquardschen Anordnung den Organismus schädige. Dieses Ammon bzw. die Ammoniumsalze stammen aber nicht aus der Exspirationsluft, sondern sind Zersetzungsprodukte von Harn und Kot; gelegentlich bilden sie sich auch bei Fäulnisprozessen der Mundhöhle (kariöse Zähne) oder bei Kranken, bei denen Sekrete der Luftwege in Zersetzung übergehen. Injektionen von Ammoniumsalzen riefen ähnliche Erscheinungen hervor wie die Einspritzung von Kondenswasser.

Auf jeden Fall wäre es unstatthaft, anzunehmen, daß die erwähnten Versuche die Verhältnisse überfüllter Räume so weit nachahmen, um Schlüsse zu gestatten. Hierfür spricht auch die Verschiedenheit des Krankheitsbildes. Im Versuche langsam dahinsiechende Tiere, in überfüllten Räumen dagegen plötzlich einsetzendes Übelbefinden, Schwindel, Ohnmacht, erhöhte Hautwärme bei eben noch frischen Menschen. Alles dies deutet darauf hin, daß ein Übermaß von Wärme bei gestörter Wärmeabgabe, also Wärmestauung, die Schädigung verursacht. Für diese zuletzt von Flügge [174] formulierte Lehre sprechen die Versuche von Paul [175] und Ercklentz [176]. Paul sah an Personen, welche in einem Glaskasten von 3 m³ verweilten und die

Kastenluft in einem in Sälen nie vorkommenden Grade durch ihre Ausatmung verunreinigten, keine Beeinträchtigung des Wohlbefindens eintreten, solange Temperatur und Feuchtigkeit niedrig gehalten waren. Auch zeigten solche Individuen keine Symptome geistiger Ermüdung bei der Lösung von Rechenaufgaben, der Prüfung mit dem Ästhesiometer und dem Ergographen. Auch Schulkinder ermüdeten weniger in mäßig geheizten Schulräumen. Selbst Leute mit Nieren- und Herzleiden, Emphysematiker konnten die verdorbene Kastenluft ohne körperliche oder geistige Beeinträchtigung ertragen. Ganz anders waren die Ergebnisse, sobald die Kastenluft höher temperiert war. Bei 26° und mäßiger Feuchtigkeit, ja selbst bei 21°—23° und höherer Feuchtigkeit stellten sich Kopfdruck, Beklemmung, Neigung zum Erbrechen, und zwar am frühesten bei Herzkranken, ein. Einen interessanten Einfluß der Luft, in welcher sich Ausatmungsprodukte angehäuft hatten, wies Wolpert [177] nach, indem er bei Menschen, welche Exspirationsluft durch längere Zeit einatmeten, eine Herabsetzung der Kohlensäureausscheidung um 3—5 Proz. feststellte. Da reine Kohlensäure in gleicher Konzentration eine ähnliche Herabsetzung nicht hervorbrachte, ist Wolpert geneigt, diese Depression den Ausatmungsprodukten (außer Kohlensäure) zuzuschreiben, die vielleicht durch Erregung von Ekelgefühl den Stoffwechsel hemmen. Die Angaben Wolperts wurden von Heymann [178], der unter Leitung Flügges arbeitete, mit dem Hinweise bekämpft, daß die an sich geringfügige, innerhalb der physiologischen Schwankungen fallende Herabsetzung der Kohlensäureausscheidung durch die Bedingungen der Versuchsanordnung (andauernde Ruhe usw.) allein erklärbar sei. Wenig glaubhaft klingt die Behauptung Weichardts, der in der Exspirationsluft als das eigentlich schädigende Agens sein Ermüdungsgift durch die gelungene Neutralisation mit „Kenoantitoxin" nachgewiesen haben will. Daher stamme auch die erschlaffende Wirkung von durch Atemprozesse verdorbener Luft.

Diese [181] von Weichardt in ihrer Bedeutung später selbst eingeschränkten Angaben wurden in neuester Zeit durch Inaba [179], einen Schüler Flügges nachgeprüft. Hierbei erwies sich Atemkondenswasser Versuchstieren eingespritzt nur dann schädlich, wenn seine Salzkonzentration den Körperflüssigkeiten anisotonisch war. Wurde die Injektionsflüssigkeit durch Kochsalzzusatz isotonisch gemacht, versagte die „Giftwirkung".

Wir gelangen also zu dem Ergebnisse, daß ein einwandfreier Nachweis giftiger Substanzen in der Atemluft noch nicht erbracht wurde.

Literatur:

1) Liebig, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. VII. Aufl. 1862, I. Teil. Der chemische Prozeß der Ernährung der Vegetabilien, S. 18.
2) Eine historische Übersicht mit vielen Literaturangaben beim Kapitel „Luft" in Gmelin-Krauts Handb. der anorg. Chemie, Heidelberg 1905, **1**, 50 ff.
3) Proc. R. S. London 1893, S. 134; Chem. N. 1893, **67**, 183, 198. 211; 1894, **69**, 231; 1895, **71**, 51; 1894, **70**, 87; vgl. Gmelin-Kraut I, 158.
4) Compt. rend. 1896, **123**, 805.
5) Ramsay u. Travers, Proc. R. S. London 1900, **67**.
6) Pettenkofer u. Ziemsen, Handb. d. Hyg., I. T., 2. Abt., 2. Heft, S. 9.
7) Gasometrische Methoden, Braunschweig, S. 30.
8) Angus Smith, On air and rain, London 1872, S. 77.
9) Compt. rend. de l'acad. d. sc. **135**, 726.
10) Zit. nach Renk, loc. cit. S. 10.
11) Arch. f. Schiffs- u. Tropenhygiene **10**, 143.

12) Recknagel, „Lüftung", in Pettenkofer u. Ziemsen, Handb. d. Hyg., I. T., 2. Abt. 4. Heft, S. 315 u. Lübbert, Gesundheitsing. 1907, S. 793.
13) Bohr in Nagels Handb. der Physiologie **1**, 83; ferner Johansson in Zuntz-Loewy, Lehrbuch der Physiologie 1909, S. 423.
14) Skand. Arch. f. Physiol. **16**, 340, 1904.
14b) Durig, Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss. **86**, 420.
15) Handb. d. Biochemie von Oppenheimer 1908, **4**, 112.
16) Respiration und Zirkulation bei Änderung des Sauerstoffgehaltes der Luft. Berl. 1895, S. 54.
17) Pflügers Arch. 1897, **66**, 489.
18) Ztschr. f. phys. Chem. 1879, **3**, 19.
19) Pflügers Arch. 1897, **65**, 443.
20) Virch. Arch. 1882, **89**, 89; Ztschr. f. klin. Med. 1881, **4**, 391; Dubois' Arch., Phys. Abt. 1884, S. 396.
21) Ztschr. f. klin. Med. 1885, **12** u. Physiol. d. menschl. Atmens 1892, S. 99.
22) Dubois' Arch., Physiol. Abt., 1903, Suppl., S. 209, daselbst auch S. 334. Literaturübersicht. Ferner Denkschr. d. Wr. Akademie 1909, **86**, 138.
23) Pflügers Arch. **58**, 413, 414.
24) Nagel, Handb. d. Physiol. **1**, 214.
26) Ergebnisse der Physiol., 2. Jahrg., I. Abt. 1903, S. 533.
27) Ztschr. f. phys. Chem. 1883, **8**, 313.
28) Compt. rend. de l'acad. 1884, **99**, 1124.
29) Unters. über Respir. u. Zirkulation. Berl. 1895.
30) Arch. f. (Anat. u.) Phys. 1903, Suppl., S. 209.
31) Verhandl. der physiol. Gesellsch. in Berlin vom 12. Mai und 6. Juni 1902 u. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1902, Suppl., S. 278.
32) Mémoir. publ. par l'Acad. royal d. scienc. de Belgique 1902, S. 52.
33) Pflügers Arch. 1897, **65**, 443.
34) La pression barométrique, Paris 1878, S. 764.
35) Journ. of Phys. 1898, **22**, 307.
36) Ebenda 1903, **29**.
37) Pflügers Arch. **33**, 174.
38) Arch. f. Hyg. **62**, 193.
39) Abegg, Handb. d. anorg. Chemie **3**, 3. Abt., S. 47, 48.
40) Bohr in Nagels Handb. d. Physiol. **1**, 117.
41) La pression barométrique, Paris 1878, S. 670.
42) Luftdruckerkrankungen, Wien 1900, S. 724, 995.
43) Ann. de chim. et de phys., 3. sér., 1849, **27**.
44) Pflügers Arch. 1879, **19**, 414.
45) Ztschr. f. Biolog. **16**.
46) Ztschr. f. Biolog. 1883, **19**, 563; **16**, 367.
46b) Biochem. Ztschr. **4** (1907) 328.
47) Pflügers Arch. 1881, **26**, 235.
48) Bioch. Ztschr. **7**, zit. nach Loewy in Oppenheimers Handb. der Biochemie **4**, 150.
49) Compt. rend. de l'acad. des sc. 1897, **124**, 302.
50) Hann, Handb. d. Klimatologie 1908, **1**, 80.
51) Ztschr. f. Biolog. **9**, 248.
52) Met. Ztschr. 1905, S. 85.
53) Ebenda.
54) Die Beschaffenheit der Waldluft. Stuttgart 1885.
55) Vgl. Puchner, Forschungen aus dem Gebiete der Agrikulturphysik **15**, Heft 3 4, ref. Met. Ztschr. 1892, **27**, 436.
56) Zit. nach Hann, Lehrb. d. Meteor., 2. Aufl. 1906, S. 6.
57) Hann, loc. cit. S. 6.
58) Günther, Handb. d. Geophysik, Stuttgart (Enke) 1899, **2**, 17. Eine ähnliche Zusammenstellung mit zahlreichen Literaturangaben bei Uffelmann, Arch. Hyg. **8**, 1888, 281.
59) Journ. of hyg. Tome **2**, 414.
60) Vgl. auch Spring u. Roland, Rech. sur les proportions d'acide carbonique continues dans l'air. Bruxelles 1885.

61) Ann. Chem. Pharmac. 1887, **237**, 39—90.
62) Ztschr. f. Meteor. 1896, **31**, 144.
63) Zitiert nach Hann, Handb. der Klimatologie 1908, **1**, 79; ref. Ztschr. f. Meteor. 1882, **17**, 256.
64) Ztschr. f. Meteor. 1900, **35**, 87 (Ref.). Vgl. auch Theod. de Saussure, Mémoire sur les variations de l'acide carbonique, Génève, und Pogg. Ann. **19**, 391 sowie Gebrüder Schlagintweit, Untersuchungen über den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre in den Alpen. Pogg. Ann. **76**, 442.
65) Vgl. Tabelle bei Hann, Ztschr. f. Meteor. 1903, **38**, 124.
66) Über die Bildung des atmosphärischen Ozons und die Ursachen der Variation des Kohlensäuregehaltes der Luft. Compt. rend. 1908, **19**, 11. Mai u. Meteor. Ztschr. 1908, S. 460, Braunschweig.
67) vgl. Barratt, Brit. med. Journ. 1995, S. 79 vom 14. I. 1899, zit. Hyg. Rundsch. **10**, 4.
68) Arch. f. Hyg. **34**, 315.
69) Markl, Monatsschr. f. Gesundheitspflege 1898, **16**, 4; Hesse, Viertelj. f. öff. Gesundheitspflege 1878, **10**, 265; Arch. f. Hyg. 1884, **2**, 383.
70) Ztschr. f. Hyg. **49**, 411.
71) Ztschr. f. Hyg. **49**, 437.
72) Zitiert bei Lehmann, Arch. f. Hyg. 1899, **34**, 335.
73) Physiol. d. menschl. Atmens. Leipzig 1892.
74) Arch. f. Hyg. 1899, **34**, 347 u. 344.
75) Haldane und Pembrey, Philosophical Magazine 1890. April. Jahrb. f. d. Fortschritte der Hygiene 1890, **45**.
76) Arch. f. Hyg. **8**, 263. Siehe auch Feltz, In.-Diss., Dorpat 1887.
77) Hyg. Rundsch. 1897, **7**, 433; vgl. auch Erismann in Lunges chem.-techn. Unters.-Meth. Berl. 1899, **1**, 685; Lauenstein, Rep. d. Chemiker-Zeitg. 1904, **9**.
78) Nach Dietrichs Tabelle, Ztschr. f. anal. Chemie **4**, 142 oder Flügge, Lehrb. der hyg. Untersuchungsmethoden. Leipzig 1881, S. 572.
79) Hesse, Ztschr. f. Biol. **13**, **14**; Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. **10**, 265, 278, 728; Schultze, Landw. Versuchsstationen **9**, 217; **14**, 366; Blochmann, Annal. d. Chemie **237**, 39; Fossek, Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss., II, Mai 1887; Kratschmer und Wiener, Monatshefte f. Chemie, Wien **15**, 429.
80) Ztschr. f. Hyg. 1890, **9**, 1.
81) Die Methode ist in Flügges Grundr. d. Hyg. 1908, 6. Aufl., S. 761 beschrieben.
82) Rüdorff, Poggend. Ann. **125**, 75; Ztschr. f. anal. Chem. **4**, 231; Vignon und Meunier, Compt. rend. 1900, **130**, 513; ref. Journ. f. Gasb. 1900, **32**, Bertin-Sans Anal. d'hygiène 1883; zit. in Jahresber. über die Fortschr. d. Hyg. 1883, S. 17; Notter, Sanitary Rec. **5**, 167; nach Flügge, Meth., l. c., S. 147.
83) O. Petterson, Ztschr. f. anal. Chem. **25**, 479, 467; Petterson und Palmquist, Ber. d. deut. chem. Ges. **20**, 2129; Gerda Troili-Petterson, Z. f. Hyg. 1897, **26**, 57—64; Teich, Arch. f. Hyg. 1893, **19**, 38; Bleier, Ber. d. deut. chem. Ges. 1897, S. 2753; Ztschr. f. Hyg. 1898, **27**, 111; Hempel, Gasanal. Methoden. Braunschweig 1900, S. 308.
84) Hesse, Ztschr. f. Biol. **13**, 395; Vierteljahrsschr. f. ger. Med.- u. öff. Sanitätsw., N. F. **31**, 357; **34**, 361; **38**, 134; Fossek, Sitzungsber. d. Wien. Akad., II. Abt., Mai 1887; Wolpert, Älteres Verfahren, Ges.-Ing. 1883, **7**; Blochmann, besprochen bei Bitter, Ztschr. f. Hyg. **9**, 28; Jahresber. über die Fortschr. d. Hyg. 1885, S. 34; Nienstädt und Ballo, Rep. d. anal. Chemie **6**, 13; Wolpert, Kontinuierlicher Apparat, Ges.-Ing. 1886, **22**; Zentralbl. f. allg. Gesundheitspfl. 1887, **6**, **7**; Chemik.-Zeitg. 1887, **46**; Wolpert, Eine einfache Luftprüfungsmethode auf Kohlensäure, Leipzig 1892; Wissensch. Erläuterungen und theor. Begründ. einer neuen Luftprüfungsmethode auf Kohlensäure 1890; Kritik hierzu bei Gillert, Ztschr. f. Hyg. **21**, 282; Mackie, Journ. of Hygiene **5**, 2; siehe Ges.-Ing. 1905, S 419.
85) Smith, Mem. of the soc. of Manchester 1868; Lunge, Zur Frage der Ventilation, 2. Aufl., Zürich 1879; Lunge und Zeckendorf, Ztschr. f. angew. Chemie 1888, **14**; 1889, **1**; Über Rosenthals Modifikationen des Lunge-Zeckendorfschen Apparates vergl. E. Marquardsen, Inaug.-Diss., Erlangen 1890 und Pracht, Inaug.-Diss., Erlangen 1891; ferner Schulz, Münchn. med. Wochenschr. 1891, S. 641 und Arbeit. aus dem Kais. Ges.-Amte 1895, **11**, 418.
86) Deutsche Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. 1879, **11**, 235.

87) K. B. Lehmann, Methoden der Hygiene, 2. Aufl., Wiesbaden 1901, S. 139 und Fuchs, Beiträge zur Unters. d. Luft auf ihren Kohlensäuregehalt, Würzburg, Dissertationen 1889.
88) Schönbein, Ber. über d. Verh. d. naturf. Ges. in Basel, 4, 56 u. 66; Engler, Hist.-krit. Studien über d. Ozon. Halle 1879.
89) Compt. rend. **20**, 1291.
90) Ann. Chim. Pharm. 3, **35**, 62.
91) Proceed. R. S. **9**, 606.
92) Ann. d. Chem. u. Pharm., Suppl. II, S. 265.
93) Ann. d. Chem. u. Pharm. **127**, 38.
94) Cloerz, Compt. rend. **43**, 38, 762.
95) Phys. Ztschr. 1905, **6**, 15. Sept.
96) Compt. rend. 1908, **146**, 977; siehe auch Meteor. Ztschr. 1908, S. 460; vgl.: Zur Ozonbildung in der Atmosphäre; ferner Warburg, Ann. Phys. Drude 1904, **13**, 475.
97) Ztschr. f. Biol. **11**. 413 u. f., der Apparat ebda. S. 415.
98) Chem. Ber. 1880. **13**, 1509; vergl. das Kapitel „Ozon und Wasserstoffsuperoxyd" in Renks Abh. „Die Luft" in Pettenkofer u. Ziemsens Handbuch d. Hyg. 1886, 1. 2. Abt., 2. Heft, S. 48.
99) Ztschr. f. Meteor. 1871, **6**, 273.
100) Proceed. of Manch. Society **8**.
101) Ztschr. f. Unt. d. Nahr.- u. Genußmittel 1902, S. 504.
102) Vgl. Pernter, Ztschr. f. Met. **16**, 394.
103) Physikal. Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. Berl. 1873, **1**, 242.
104) Ztschr. f. Meteor. 1874, **9**, 301.
105) Zit. bei Engler, loc. cit. S. 59 [vide Anm. 75].
106) Wolf, Über den Ozongehalt der Luft und seinen Zusammenhang mit der Mortalität. Bern 1855. Berner Mitt. Juni 1856, **367**: auf S. 63 dieser Abhandlung warnt Prof. Kreil, Direktor der meteor. Zentralanstalt, unter Zitierung eines Abfalles des Ozongehalts in Wien, August 1854, ohne Cholera vor übereiligen Schlüssen.
107) Kobert, Lehrb. d. Intoxikat., II. Teil, 1906, S. 45; daselbst Literaturangaben.
108) Compt. rend. **69**, 1245; **70**, 159.
109) Compt. rend. 1891, **113**, 141.
110) Grundr. d. Hyg. 1908, S. 79.
111) Ztschr. f. Hyg. **41**, 242; **42**, 306.
112) Arb. aus d. Kais. Ges.-Amt 1892, **8**, 229.
113) Centralbl. f. Bakt. **26**, Heft 1, S. 15 u. Hyg. Rund. **10**, 98.
114) Ann. de l'inst. Past. 1899, Heft 4, S. 344.
115) Ges.-Ing. 1907, **49**, 793.
116) Ges.-Ing. 1909, S. 496 bei Cramer.
117) Ges.-Ing. 1907, **49**, 793.
118) Ges.-Ing. 1907, **13**, 207.
119) Chem. Ber. 1874, **7**, 1693; 1877, **10**, 482.
120) Bull. Soc. Chim. Paris 1889, **2**, 360, 377.
121) Ztschr. f. anal. Chem. **33**, 137.
122) Chem. Ber. 1894, **27**, 340.
123) Arb. aus d. Kais. Ges.-Amt **9**, 537.
124) Hyg. Rundsch. **5**, 20 (Buchners Referat über Dieudonnés Arbeit).
125) Gottstein in Virchows Arch. **133**; Laser, Centralbl. f. Bakt. 1894, **16**, Nr. 4—5; Jorns Arch. f. Hyg. **67**, 134.
126) Literatur bei Küster, Arch. f. Hyg. **50**, 376.
127) Ztschr. f. analyt. Chem. **33**, 137.
128) Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. **29**, Nr. 12.
129) Journ. f. prakt. Chem. **46**. 100.
130) Hyg. Unters. über Luft, Wasser, Boden, S. 75.
131) Ztschr. f. Meteor. 1883, **18**, 381.
132) Ebenda 1892, **27**, 103.
133) Compt. rend. 1891, **113**, 779.
134) Compt. rend. 1892, **114**, 184.
135) Arch. f. Hyg. 1888, **8**, 303.
136) Arch. f. Hyg. 1899, **34**, 276; **5**, 59.

137) Arch. f. Hyg. 1909, **70**, 253.
138) Kißkalt, Arch. f. Hyg. **41**, 197; **71**, 380.
139) Arch. f. Hyg. **57**, 273.
140) Ges.-Ing. 1908, S. 693.
141) Ältere Angaben siehe Renk, Handb. d. Hyg. von Pettenkofer u. Ziemsen, I. Teil, 2. Abt., S. 44.
142) Ztschr. f. Meteor. 1892, **27**, 103.
143) Compt. rend. **108**, 1062; auch mitgeteilt Ztschr. f. Meteor. 1889, **24**, 435.
144) Svante Arrhenius, Lehrb. d. kosm. Physik 1903, S. 296.
145) Ztschr. f. Meteor. 1892, **27**, 14.
146) Hyg. Rundsch. 1892, S. 552 u. Journ. of Gaslighting 1891, S. 960.
147) Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspflege 1907, **39**, 657.
148) Ebenda S. 654.
149) Hyg. Rundsch. 1908, S. 330.
150) Bayr. Industrie- u. Gewerbebl. 1887, zit. Ztschr. f. Meteor. 1887, **22**, 81, Anhang.
151) Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspflege 1909, **41**, 369.
152) Ges.-Ing. 1901, S. 132.
153) Ztschr. f. Biol. **12**, 315.
154) Arch. f. Hyg. 1890, **10**, 313.
155) Ann. de chimie et physique, 7. Serie, 1901, **22**, 5.
156) Arch. f. Hyg. 1905, **52**, 151.
157) Compt. rend. 1899, T. **128**, 643, zit. Met. Ztschr. 1900, **35**, 88.
158) Naturw. Rundsch. 1904, **19**, 167.
159) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1884, **17**, 1827.
160) Vgl. A. Loewy in Oppenheimers Handb. d. Biochemie **4**, 152.
161) Compt. rend. 1888, **106**, 106, 165, 188, ebda. **108**, 267.
162) Soc. de Biol. 1888, S. 91.
163) W. klin. Wochenschr. 1888, **37**.
164) Bollet. della Soc. d'igiene di Palermo **88**, Nr. 9.
165) Ztschr. f. Hyg. **14**, 70.
166) Arch. f. Hyg. 1890, **10**, 367.
167) Compt. rend. 1888, **106**, 213.
168) Arch. f. Hyg. 1892, **15**, 28.
169) Ztschr. f. Hyg. 1893, **14**, 73.
170) Ztschr. f. Hyg. **15**, 57.
171) Pharm. Zentralhalle 1894, **35**, Nr. 38, S. 541, ref. Hyg. Rundsch. 1894, **4**, 1118.
172) Ref. Hyg. Rundsch. 1897, S. 554.
173) Arch. f. Hyg. 1900, **38**, 1.
174) Ztschr. f. Hyg. 1905, **49**, 363.
175) Ztschr. f. Hyg. 1905, **49**, 405.
176) Ztschr. f. Hyg. 1905, **49**, 433.
177) Arch. f. Hyg. **47**, 26.
178) Ztschr. f. Hyg. **49**, 388; ebenda **50**, 529, Wolperts Erwiderung und Heymanns (S. 535) neuerliche Entgegnung.
179) Ztschr. f. Hyg. **68**, 1.
180) Johansson in Zuntz-Loewys Lehrb. der Physiol. d. Menschen, Leipz. 1909, S. 437.
181) Arch. f. Hyg. 1908, **65**, 252 und „Über Ermüdungsstoffe", Stuttg. 1910; vgl. auch Peters, Arch. f. Hyg. **57**, 145.
182) Ztschr. f. Hyg. **67**, 391.
183) Vgl. zu den folgenden Ausführungen auch Rubner, Arch. Hyg. **59**, 1906, 92; Wagner, Handwörterbuch der Physiologie 1844, **2**, 847.
184) Durig und Zuntz in Dubois Arch., 1906, Supplem.
185) Uffelmann, Arch. f. Hyg. **8**, 283.
186) v. Liebigs Annalen der Chemie Bd. 237.
187) Arch. Hyg. **59**, 1906, 120.
188) Ebenda, S. 130.
189) Ebenda **52**, 160; **59**, 101.

Staub, Ruß, Keime.

Außer gasförmigen enthält die Luft stets schwebende Bestandteile in wechselnder Menge. Man unterscheidet Staub, Ruß und Keime. Ihre Bedeutung für den Reinheitszustand der Luft rechtfertigt eine kurze Erläuterung ihres Nachweises und ihrer Verbreitung.

Nachweis von Staub.

Eine ungefähre Vorstellung erhält man, wenn man den auf glatte Flächen in einer bestimmten Zeit niedergefallenen Staub sammelt und allenfalls mikroskopisch durchmustert. Vörner [1] verwendete hierzu in horizontaler Lage erstarrtes geschwärztes Harz, welches in einer mit einem Deckel versehenen Schale ausgegossen und gemessene Zeiten der Luft exponiert wurde. Tissandier [2] ließ Papier von 1 m^2 Größe 24 Stunden der Luft ausgesetzt. Um das Haften des Staubes auf geneigten oder dem Winde entgegengestellten Flächen zu erleichtern, wurden diese mit Schweineschmalz, Vaseline, Glukose bestrichen (Arens [3], Vörner [4], Tissandier

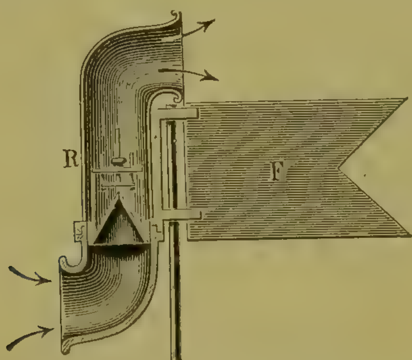


Fig. 7. Aeroskop nach Miquel mit Windfahne.

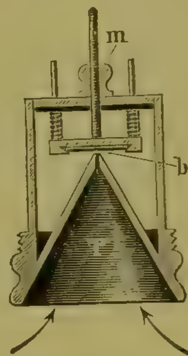


Fig. 8. Trichter zum Aeroskope nach Miquel.

[5], Miquel [6]). Ferner wurde der Staubgehalt aus dem Regen oder Schneewasser durch Abdampfen und Wägung ermittelt (Tissandier [5]). Alle diese Methoden sind dadurch ungenau, daß die Luftmenge, auf welche der Staubgehalt zu beziehen ist, unbekannt bleibt.

Die mikroskopische oder makroskopische Zählung der Staubpartikelchen liefert, bei der Ungleichheit des Gewichtes der einzelnen Teilchen, ein zu Vergleichen schlecht geeignetes Ergebnis, wenn auch für die hygienische Wertung eines Staubes seine mikroskopische Untersuchung von größter Bedeutung ist. Von diesem Standpunkte aus ist auch die an sich geniale Idee Pasteurs [7] verlassen worden, der gemessene Mengen Luft durch Schießbaumwolle filtrierte, diese nachher in Ätheralkohol löste und den in der Lösung verteilten Staub mikroskopisch untersuchte. An dem gleichen Mangel leidet das von Pouchet (1859) und später von Miquel angewandte Aeroskop.

Beim Apparate von Miquel [8] streicht die Luft, im geschlossenen Raume durch einen Aspirator angesaugt, im Freien durch ein (Fig. 7) an einer Windfahne F fixiertes Ventilationsrohr geführt, durch einen Trichter. Diese trägt, wie Fig. 8 zeigt, eine gegen die Mündung des Trichters T mittels der Mikrometerschraube m verstellbare Glasplatte b, welche vor

dem Versuche mit Glyzerin und Glukose bestrichen wird. Hat eine gemessene Luftmenge den Trichter durchströmt, werden die auf der Platte klebenden Staubteilchen in Glyzerin aufgenommen, mit Hilfe des Mikroskopes gezählt und auf die Raumeinheit gebracht.

Tissandier [9] ließ gemessene Mengen Luft durch destilliertes Wasser durchstreichen, wonach das Wasser abgedampft und sein Rückstand, also die zurückgehaltenen schwebenden Bestandteile, auf der analytischen Wage gewogen wurde. Noch zweckmäßiger ist die Filtration gemessener Luftmengen durch Allihnsche Filterröhrchen, die mit einem Asbestfilterpfröpfchen versehen vor und nach der Filtration gewogen werden. Der Gewichtsverlust des geglühten Asbestes gibt ein anschauliches Bild des Anteils der organischen Stoffe im Staube [8].

Eine originelle Methode hat Aitken [11] für die Zählung der Staubkörperchen gegeben. Sie gründet sich auf die Bildung von sichtbarem Nebel, der in einem mit Wasserdampf gesättigten Luftraume dann entsteht, wenn durch Abkühlung oder Luftverdünnung Anlaß zu einer Wasserdampfkondensation gegeben ist. Die Ursache dieser Nebelbildung ist die Abscheidung kleinster Wassertröpfchen um jedes in der Luft schwebende feinste Teilchen, welches als Kondensationskern dient. Daher läßt sich in einer von diesen Teilchen völlig befreiten Luft (Filtration durch Watte) die Nebelbildung nicht mehr hervorrufen [12]. Beim Staubzähler von Aitken, dust-counter, Koniskop (*κόνις* Staub, *σκοπέω* schauen) werden gemessene Luftmengen in eine „Mischkammer" gesaugt und dort mit z. B. der 50fachen durch Watte filtrierten, also von den Kondensationskernen befreiten Luft verdünnt. Die Wandungen der Mischkammer sind mit angefeuchtetem Filtrierpapier ausgekleidet, wodurch die Luft daselbst mit Wasserdampf gesättigt ist. Wird die Kammerluft durch eine kleine Luftpumpe verdünnt, so tritt Abkühlung unter den Taupunkt ein und um jedes Teilchen bildet sich ein Tröpfchen, welches auf eine mit einer Teilung versehene und durch einen Spiegel beleuchtete Glasplatte auf den Boden der Kammer fällt. Die Zahl der Tröpfchen kann durch eine Lupe gezählt werden. Eine kritische Besprechung des Wertes der Angaben des Aitkenschen Staubzählers siehe dieses Handb. S. 503.

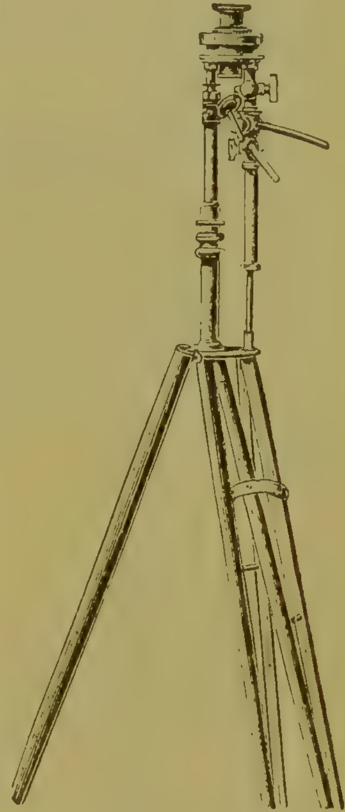


Fig. 9. Aitkens Staubzähler.

Nachweis von Ruß.

Die Methoden, welche den auf Flächen gefallenen Ruß zum Ausgang für die Bestimmung nehmen, liefern aus den Seite 400 hervorgehobenen Gründen nur ungenaue Ergebnisse. White und Mabery untersuchten Schneeschmelzwasser. Heim [13] fing den Ruß in Schalen, die mit Wasser gefüllt waren, auf, filtrierte durch Papierfilter, schätzte den Anteil an Ruß in der Gesamtmenge der suspendierten Teilchen

mittels des Mikroskops und berechnete nach der Wägung den auf den Ruß fallenden Gewichtsanteil. Liefmann [14] verwendete, nach dem Verfahren von Blackley zur Bestimmung des Gehaltes der Luft an Pollenkörnern, zum Auffangen des Rußes zwei mit einer feinen Ölschicht überzogene Glasschalen, von denen eine horizontal, die andere vertikal steht. Die letztere stellt sich mittels einer Windfahne stets gegen die Windrichtung. Der auf der Ölschicht klebende Ruß wird mit Äther entfernt und kolorimetrisch in Röhrchen bestimmt, die mit gleich großen, mit gewogenen Rußmengen beschickten Röhren verglichen werden.

Will man die in der Raumeinheit befindliche Rußmenge kennen lernen, so saugt man nach dem zuerst von Möller [15] angegebenen, dann von Rubner [16], Orsi [17], Renk [18] und Ascher [19] weiter ausgebildeten Verfahren gemessene Luftmengen durch Papierfilter, deren Rußansatz durch Wägung oder kolorimetrisch bestimmt wird. Bei der Wägung läuft man Gefahr, Staub für Ruß zu erhalten, weshalb Rubner die gewichtsanalytische Bestimmung nur nach Schneefall vornahm. Gut vergleichbare Resultate liefert die kolorimetrische Rußbestimmung. Hierzu kann man eine Skale verwenden, die nach Orsi hergestellt wird, indem man 41,3 mgr getrockneten Petroleumruß in 100 cm³ absoluten Alkohol aufschwemmt und die Aufschwemmung auf Papier 1, 2 oder x mal je nach dem Skalenwerte aufträgt. Über die von Kister verwendete Skale siehe Ges.-Ing. **32**, 845. Um außerhalb des Laboratoriums gemessene Luftmengen bequem durch Papierfilter zu leiten, verwendet Ascher einen von der Gasmesserfabrik Vesta (Charlottenburg) in den Handel gebrachten Aspirator, Fig. 10, der aus zwei Bälgen A A_1 besteht, die durch eine bewegliche Zwischenwand B verbunden und mit federnden Ventilklappen d d d_1 d_1 versehen sind. Durch die Kurbel C wird von Hand die Wand B in eine hin- und hergehende Bewegung gebracht, wobei bei E Luft angesaugt und bei F ausgeblasen wird. Da bei einer bestimmten Geschwindigkeit (Metronom) jede Kurbeldrehung eine bestimmte Luftmenge fördert, so läßt sich diese durch das von der Kurbelwelle G angetriebene Zählwerk H ermitteln. Die Luft passiert ein im abnehmbaren Trichter J mit Flansch und Schrauben festgeklemmtes Papierfilter, welches zur kolorimetrischen Rußbestimmung nach der beigegebenen empirischen sechsstufigen Skale dient, Fig. 11. Über Anregung von Esmarchs werden gegenwärtig in einer größeren Anzahl Städte regelmäßig nach der Methode von Ascher Rußbestimmungen durchgeführt, die mit der Ermittlung der Helligkeit und der schwefligen Säure verbunden werden.

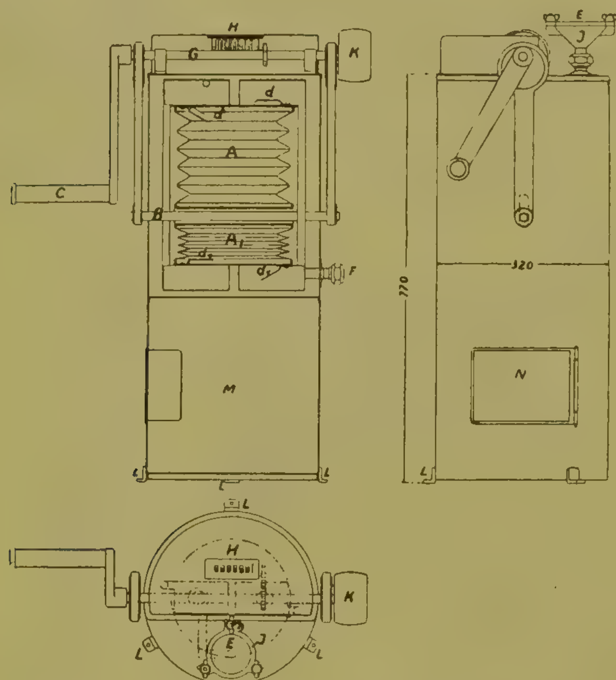


Fig. 10. Apparat zur Rußbestimmung nach Ascher.

Zusammensetzung und Verbreitung des Staubes.

Die in der Luft suspendierten Teilchen lassen sich nach Nägeli [20] einteilen a) in gröbere, mit freiem Auge wahrnehmbare, b) in Sonnenstäubchen, die erst der einfallende Lichtstrahl (Sonne, Bogenlicht) sichtbar macht und c) in unsichtbare, nur durch Wasserdampfkondensation (Nebelbildung) nachweisbare Stäubchen.

Auch der Herkunft nach sind die schwebenden Teilchen sehr verschieden. In der Regel besteht der Staub aus dem Detritus der benachbarten Bodenschichten und ihrer Verunreinigungen.

Von größerem Interesse sind in hygienischer Hinsicht die Beimengungen von Pollenkörnern zur Luft. Zur Zeit der Blüte der Koniferen, Erlen, Haselsträucher kann diese Beimengung so stark werden (Schwefelregen), daß niederfallendes Meteorwasser gelb gefärbt erscheint. Auf die Einatmung von Pollenstaub, besonders der Gramineen, reagieren hierzu disponierte Individuen mit schweren katarrhalischen Erscheinungen, Heufieber [20].

Zählungen der suspendierten Pollenkörner wurden von Blakley [22], Liefmann [23] und C. Prausnitz [24] ausgeführt. Liefmann erhielt in der Atemluft, welche ein Erwachsener in 12 Minuten einatmete, ca. 500 Pollenkörner.

Unter normalen Verhältnissen entstammt der Luftstaub fast ausschließlich den obersten Bodenschichten. Daneben findet sich „kosmischer" Staub, der meist schwarz oder rot gefärbt [25], stark eisenhaltig [26] ist und von zertrümmerten Meteorsteinen oder im Weltenraume schwebenden Staubmassen stammen soll. Die großen Staubstürme der Wüsten entsenden Hunderte von Kilometern weit erhebliche Staubmengen. So wurde im März 1901 ein Staubfall beobachtet, der sich in Europa bis Dänemark ausdehnte und aus der algerischen Sahara stammte [27]. Die wegen der Verfärbung des Schnees als „Blutregen" [28] bekannten Staubfälle werden ebenfalls aus der Sahara hergeleitet.

Auch bei vulkanischen Ausbrüchen wird häufig (vulkanischer) Staub (Asche) von meist grauer Farbe in enormen Mengen ausgeschleudert und auf weite Strecken durch die Winde getragen. Die bei der Eruption des Krakatau, eines Inselvulkans des Sundaarchipels (August 1883), emporgeworfenen und schwebend gebliebenen Staubmassen wurden auf einen Kubikkilometer geschätzt. Sie verursachten im Frühjahre 1884 in Europa durch ihre trübende Wirkung in der Atmosphäre eine höchst auffallende Rötung des Abendhimmels.

Im Straßenstaube findet man in der Regel zerriebene anorganische und organische Materialien wie Partikelchen

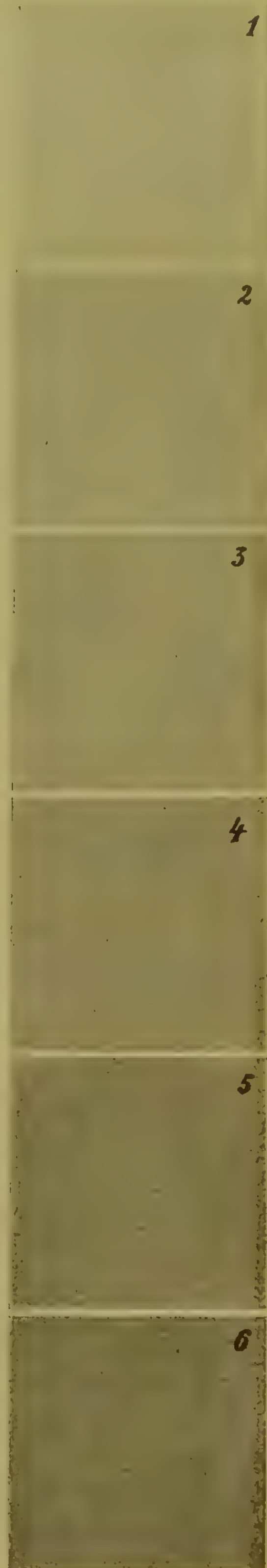


Fig. 11. Skala zur Rußbestimmung nach Ascher.

des Pflasters, der Gesteine, der Baumaterialien Kalk, Ziegel; ferner Eisenstaub der Pferdehufe und Wagenreifen. Von organischen Materialien seien verteilter Dünger der Zugtiere, Haare, Hautschuppen, Fasern von Kleidungsstoffen und Papier, Kohlenstaub, Pflanzenteilchen, Teile von Insektenkadavern, Kryptogamensporen, Mikroorganismen usw. erwähnt.

Dieser mannigfaltigen Zusammensetzung entsprechend fand Reimsch [29] im Staube Kalium, Kalzium, Magnesium, Schwefel-, Salz-, Phosphor-, Kieselsäure, Eisenoxyd, Blei, Manganoxyd, Zinn, Kupfer. Der Pariser Staub bestand nach Tissandier [30] aus 25—34 Proz. verbrennbaren und 75—66 Proz. unverbrennbaren Bestandteilen. Unter den letzteren waren Chloride, Sulfate von Alkalien und alkalischen Erden, Ammoniumnitrat, Eisenoxyd, Kalk- und Magnesiumkarbonate, Silikate, Phosphate usw. Tissandier bestimmte auch die Staubmenge, indem er Luft durch destilliertes Wasser leitete und den Trockenrückstand feststellte. Pariser Stadtluft ergab pro m^3 nach achttägiger Trockenheit 23 mgr, nach Regen 6 mgr. Auf dem Lande (in St. Marie du Mont) fanden sich normal 0,25 mgr, nach trockenem Wetter 3—4,5 mgr. Es zeigte sich also ein erheblicher Unterschied zugunsten des Landes. Günstigere Zahlen als Tissandier für Paris fand Fodor [31] für Budapest, wobei allerdings die Messungen 5 m über dem Erdboden vorgenommen worden sind. Die kleinsten Werte lieferte der Winter mit 0,24 mgr, dann folgt der Frühling 0,35 und der Herbst 0,43. Die größten Werte gab der Sommer 0,55 und von einzelnen Monaten der Juni 0,75 und der September 0,77. Regen, Schneefall oder die Bedeckung des Bodens mit Schnee geben die günstigsten, Trockenheit, Wind ungünstigere Bedingungen für die Luftreinheit. In den Städten ist für den Staubgehalt der Luft der Zustand der Straßen (Pflasterung, Reinheitsgrad), Verkehr, Wind von Belang. Die gut asphaltierten Straßen Berlins bewirken, daß im Winter Wochen vergehen können, ohne daß sichtbare Staubbildung beobachtet wird [32] (Rubner).

Der Luftstaub ist keineswegs auf die dem Boden nahen Luftschichten beschränkt. Durch die tägliche Erwärmung des Erdbodens entstehen aufsteigende Luftströmungen, die Staubteilchen in desto höhere Schichten tragen, je trockner die Witterung ist. Damit hängt die nachmittags häufig vorvorkommende Trübung höherer Luftschichten zusammen [33].

Hat die Luft Staub aufgenommen, so entledigt sie sich dessen je nach der Bewegtheit in längerer oder kürzerer Zeit, wobei neben der Luftgeschwindigkeit in erster Linie die Größe der Körnchen entscheidet. Bei gleicher Größe entscheidet das spezifische Gewicht und nicht zum wenigsten die Oberflächenbeschaffenheit, indem Körnchen mit unregelmäßiger Oberfläche leichter als glatte fliegen, Orsi [34]. Bei dieser „Selbstreinigung" spielen Sedimentierung besonders durch die Verlangsamung der Luftbewegung in Höhen, Wäldern eine Rolle. Auch durch den unmittelbaren Kontakt wird Staub, besonders an rauhen Flächen, abgesetzt. Entstaubend wirkt Regen, Schnee, Nebel.

Über Staubzählungen mit Aitkens Apparat siehe Seite 503.

Die Verbreitung des Rußes in der Atmosphäre.

Als Produkt der unvollkommenen Verbrennung der verschiedensten Brennmaterialien wird Ruß der Luft beigemengt. Da Kohle mehr Ruß liefert als Holz und unter den Kohlensorten die minderwertigen (Braunkohle) mehr als gute Sorten (Anthrazit, Steinkohle, bessere Preßkohle), so ist die Rußmenge

einer Stadt nicht nur von der Menge des verbrannten Materiales, sondern auch von dessen Qualität abhängig. Für Paris trat die Rußplage erst ein, als man von der Holzfeuerung zur Kohlenfeuerung übergegangen war. In Dresden ließ sich in der Raumeinheit Luft viermal so viel Ruß nachweisen als in Berlin, obwohl der Verbrauch pro Kopf und Jahr an Kohle (1936 kg gegen 1561 kg) nur unwesentlich größer ist. Dresden brennt vorwiegend Braunkohle, während in Berlin Preßkohle üblich ist [35]. Auch im Experimente ließ sich die Abhängigkeit der Rußmenge vom Brennmaterial feststellen. So fand Rubner [36] bei Verwendung eines eisernen Füllofens bester Konstruktion an Ruß auf 1 kg verbrannte Substanz bei

Steinkohle	2,94 gr
Koks	0,46 „
Anthrazit	0,42 „

Weiter ist die produzierte Rußmenge von der Art der Feuerstellen und deren Bedienung [37] abhängig. Es wäre falsch, nur in den Fabrikschloten die Quelle des Rußes zu sehen. Infolge der ungünstigeren Ausnützung des Brennmateriales [38] spielen vielmehr die Hausfeuerungen die Hauptrolle, was daraus ersehen werden kann, daß im Sommer trotz fortlaufender Betriebe der Industriewerkstätten die Rauchplage ungleich geringer ist. Über die Rußmengen der Luft verschiedener Städte wurden viele Bestimmungen ausgeführt [39]. Aus der neuesten Zeit sind die Ergebnisse in Hamburg besonders beachtenswert, über die Kister ausführlich berichtete. Die nach den Methoden von Renk und Liefmann vom hygienischen Institute ausgeführten Untersuchungen zeigten, daß die größten Rußmengen auf den Dezember und Januar, die geringsten auf Juni und Juli fallen. Im Sommer verfärbte sich das Filter zeitweilig überhaupt nicht. Die größten Rußmengen betrugen 0,52 mgr pro m^3, das Mittel 0,205 mgr [40]. In Berlin fanden Rubner und Orsi als Mittelzahlen für den Januar 1906 0,114, Februar 1906 0,151, Dezember 1907 0,049 und maximal im Februar 1906 0.31 mgr pro m^3. Als Mittelzahl für das Jahr gibt Rubner 0,14 mgr Ruß an [41]. Hamburg hat demnach mehr Ruß als Berlin, jedoch weniger als Dresden und insbesondere weniger als viele englische und amerikanische Industriezentren.

Im Mittel fallen pro Jahr 1—2 Millionen Kilogramm Ruß auf die Gesamtfläche des Hamburgschen Stadtgebietes. Die Rußmenge schwankt nach Witterung [42] und Tageszeit [43]. Nach Niederschlägen ist sie am kleinsten, bei dunstig nebeligem Wetter am größten. An dem Orte größter Rußproduktion (Hafengebiet) ist sie bei Windstille am höchsten. Je nach der Windrichtung nimmt die Stadt an diesen Rußmengen Anteil. In den Morgenstunden ist die größte Menge nachweisbar. Sie nimmt schon zur Mittagszeit und des Abends ab, um in der Nacht auf ein Minimum herabzusinken.

Der Ruß ist nicht nur lästig, für die Vegetation schädlich, beeinträchtigt die Lüftungsmöglichkeit der Wohnräume, setzt die Tageshelligkeit herab und erfordert erhöhte Auslagen für Reinigung (Häuseranstrich, Wäschereinigung), sondern bedeutet durch die unvollkommene Verbrennung einen nationalökonomischen Verlust, der in den Großstädten gewaltige Summen ausmacht. Über London existieren Berechnungen von Chandler Roberts, nach denen die täglich über der Stadt schwebende Rauchmasse ein Gewicht von 6000 Zentnern besitzt und der jährliche Verlust an Steinkohle einen

Wert von 45 Mill. Mark darstellt [44]. Noch höhere Werte berechnet Irvine [45]. Über die gesundheitliche Bedeutung des Rußgehaltes der Luft siehe dieses Handbuch Seite 507.

Außerhalb der großen Städte und Industriezentren können der Luft gewaltige Rußmengen durch Waldbrände — durch ihre Ausbreitung sind besonders jene von Nordamerika berüchtigt — beigemengt werden.

Die Steppenbrände des tropischen Afrika erzeugen eine Trübung der Luft, die nach Hann zu einem klimatischen Faktor werden kann [46]. Eine ähnliche Wirkung hat das sog. Moorbrennen, das in Friesland und Hannover üblich ist und im weiten Umkreise die Luft mit Rußteilchen erfüllt [47].

Nachweis der Luftkeime [48].

Für die Frage nach Art und Zahl der in der Luft vorhandenen Mikroorganismen reicht die mikroskopische Untersuchung der etwa durch ein Wattefilter zurückgehaltenen oder mit dem Staube verbreiteten Keime in den wenigsten Fällen aus. Die Mikroorganismen sind durch Austrocknung geschrumpft und unkenntlich, oder versport und dadurch noch weniger diagnostizierbar. Nur bei den wenigen durch die Form oder eine spezifische Färbung ausreichend charakterisierten Keimen, wie den Tuberkel- oder Leprabazillen, gelingt der einwandfreie Nachweis auch mit Hilfe des Mikroskops, wobei allerdings die vom hygienischen Standpunkt wichtigste Frage nach der Lebensfähigkeit unbeantwortet bleibt. So konnten Flügges [49] Schüler — wir nennen Laschtschenko [50] und insbesondere Heymann [51] — durch die spezifische Färbung Tuberkelbazillen auf Objektträgern nachweisen, über welche hinweg Phthisiker gehustet hatten. Der gleichen Technik bedienten sich Engelmann [52], v. Weismayr [53] für den Nachweis von Tuberkelbazillen, Schaffer [54] für die Feststellung, daß Leprakranke bei Hustenstößen große Mengen Leprabazillen auszustreuen vermögen.

Mehrfach ist auch der Nachweis pathogener Arten durch den Tierversuch erbracht worden, indem der Staub, der an höher gelegenen Gegenständen sich angesammelt hatte und nur auf dem Luftwege dahin gelangt sein konnte, zur Infektion von Versuchstieren verwendet wurde (Cornet [55], Heymann [56]).

In der Regel wünscht man den Gehalt der Luft an entwickelungsfähigen Keimen, einerlei welcher Art sie sind, kennen zu lernen.

Die einfachste, wenn auch nur zu Schätzungen oder zu vergleichenden Ermittlungen brauchbare Methode besteht darin, daß mit festen Nährböden beschickte Petrischalen für eine bestimmte Zeit offen ausgelegt werden. Aus der Zahl der sich entwickelnden Kolonien kann man einen ungefähren Schluß ziehen, ob die Luft stark oder wenig mit Bakterien oder Schimmelpilzen verunreinigt war. Diese Methode, die auch zur Ermittlung, wie weit und wie hoch versprayte Keime in der Luft transportiert werden können, gute Dienste leistete, erwies sich auch brauchbar für den Nachweis der keimbindenden Eigenschaften der sogenannten Stauböle [57].

Den wirklichen Keimgehalt in einer bestimmten Luftmenge erfährt man nicht, da je nach der Bewegtheit der Luft wechselnde Mengen derselben an den Schalen vorbeigeführt werden. Zudem wird nur ein Teil der Keime auf den Schalen abgelagert, so daß die Werte hinter jenen, welche durch eine Filtration der Luft gewonnen werden, weit, nach Soper George [58] um etwa die Hälfte, zurückbleiben.

Um daher richtigere Zahlen für den Keimgehalt zu erhalten, ist es notwendig, die Luft in gemessenen Mengen zu verarbeiten. Meist wird sie durch eine Saugpumpe in Waschflüssigkeiten getrieben oder an festen Nährlösungen vorbeigeführt oder in geeigneter Weise filtriert. Zur genauen Bestimmung der in Arbeit genommenen Luftmenge hat man den Grad der Verdünnung durch ein Manometer zu bestimmen und darnach das wahre Luftvolumen zu berechnen.

Die Zahl der Methoden zur Ermittlung des Keimgehaltes der Luft ist eine sehr große, so daß hier nur die wichtigsten zur Besprechung gelangen können.

Pasteur filtrierte die Luft durch sterile Watte und verteilte die zurückgehaltenen Keime in Bouillon. Miquel [59] bildete das Verfahren weiter aus, indem er die Mikrobien in einen Kolben K (Fig. 12), in welchem die Röhre R, die nahe am Flaschenboden mündete, eingeschliffen war, in sterilem Wasser auffing. Zu diesem Behufe wurde bei dem Ansatzstücke a ein Aspirator eingeschaltet, die Kappe H gelüftet und ein gemessener Luft-



Fig. 12. Luftuntersuchungsapparat nach Miquel.

strom durchgesaugt. Um die Keime, welche etwa im Wasser nicht zurückgehalten wurden, nicht zu vernachlässigen, waren in den kugelförmigen Erweiterungen der Saugröhre a zwei Wattefilter eingeschaltet. Nach Beendigung der Durchleitung wurde Luft in den Apparat eingeblasen, wodurch die Flüssigkeit in R aufstieg und die daselbst sedimentierten Keime aufnahm, wobei der äußere Wattepfropf bei a die Keime der eintretenden Luft zurückhielt. Schließlich wurde durch den Tubus b, nachdem die Spitze des dünnen Röhrchens abgebrochen worden war, die Flüssigkeit des Kolbens in einer größeren Anzahl Bouillonröhrchen verteilt. Um auch die durch das innere Wattefilter in a zurückgehaltenen Keime zu gewinnen, wurde in den Kolben neuerlich etwa 30—40 cm^3 Bouillon gefüllt, der Pfropf mittels einer geglühten Platinnadel in die Nährflüssigkeit gestoßen und diese ebenfalls in Fraktionen zur Entwicklung gebracht. Das Resultat konnte nur dann verwertet werden, wenn mehr als die Hälfte der Kölbchen steril blieb. Aus dem Verhältnisse der steril gebliebenen Kölbchen und jener, in welchen sich Wachstum zeigte, konnte — bei der übrigens nicht immer zutreffenden Annahme, daß dann je ein Keim die Kultur hervorgebracht hatte — unter Berück-

sichtigung der durchgesaugten Luftmenge ein, mehr einer Schätzung entsprechender Schluß auf die Keimzahl der Luft gezogen werden.

Das Verfahren von Miquel wurde durch Emmerich [60] verbessert, der durch ein schlangenartig gewundenes Rohr, das mit Flüssigkeit gefüllt war, die Luft in feinem Strahle streichen läßt, wodurch das Wattefilter entbehrlich und die Aufnahme der Keime vollständiger wird. (Fig. 13.)

Durch die Heranziehung fester Nährböden zur Luftuntersuchung wurde ein erheblicher Fortschritt erzielt (Koch) [61]. Als grundlegend ist das Verfahren von Hesse [62] anzuführen. Ein gemessener Luftstrom wird durch eine (Fig. 14) auf einem Stative D in horizontaler Lage befestigte Glasröhre R von 70 cm Länge und 3,5 cm Durchmesser langsam — 1 Liter

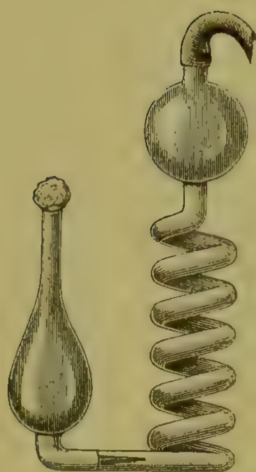


Fig. 13. Emmerichs Luftuntersuchungsapparat.

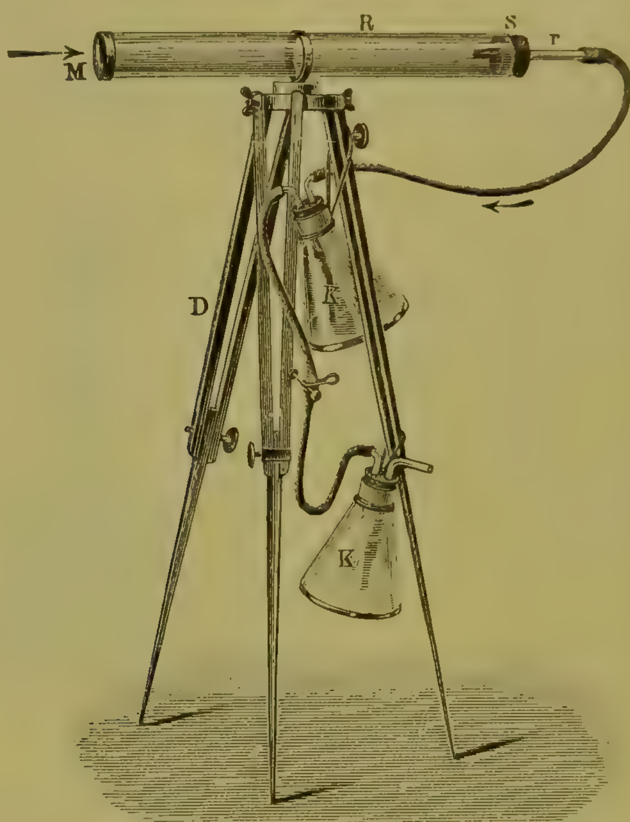


Fig. 14. Apparat nach Hesse zur Bestimmung der Keimzahl der Luft.

in etwa 2 Minuten — gesaugt. In der sterilisierten Röhre wurden vorher 50 cm³ Nährgelatine an der Wand nach Art eines Esmarchschen Rollröhrchens ausgebreitet. Die Luft tritt bei M durch eine gelochte Kautschukmembran ein und verläßt die Röhre bei S durch ein Glasrohr von 10 cm Länge und 1 cm Durchmesser, das durch einen Kautschukstoppel fixiert und während des Versuchs gegen das Innere der Röhre mit einem Wattepfropf versehen ist. Die Luft wird entweder durch eine Saug-(Wasserstrahl-)Pumpe oder durch zwei Flaschen, deren Anordnung aus der Zeichnung ersichtlich ist, angesaugt. Aus der gefüllten oberen Flasche von bekanntem Volumen fließt Wasser in die untere leere, wodurch ein dem Wasservolumen entsprechendes Luftquantum durch die Röhre nachströmt. Schaltet man die untere, nunmehr gefüllte Flasche an die Stelle der nun leeren oberen, kann man neuerdings die gleiche Quantität Luft durchsaugen usw.

Wie erwähnt, setzen sich die Keime nur dann vollständig in der Röhre ab, was man an der Keimfreiheit des Wattepfropfens bei S erkennt, wenn die Luft langsam durch die Röhre strömt. Man kann demnach nur wenig Luft verarbeiten, wenn man nicht Gefahr laufen will, Keime zu verlieren. Ein weiterer Nachteil ist, daß bei keimreicher Luft die sich entwickelnden Kolonien ineinander fließen und nachher keine genaue Zählung der Keime gestatten. Auch können, wie Frankland [63] feststellte, Keime im Freien in die Röhre hineingeweht werden. Anaerobier, Keime, welche Brutwärme zur Entwicklung brauchen, können mit Hesses Methode überhaupt nicht nachgewiesen werden.

Die Hessesche Methode ist neuestens von Winslow [64] dahin abgeändert worden, daß die Keime nicht in einer Röhre, sondern in $2\frac{1}{2}$ Liter fassenden Flaschen, deren Boden mit Gelatine bedeckt ist, aufgefangen werden.

Wenig befriedigende Ergebnisse liefern auch die Verfahren, die Keime in verflüssigte, erstarrbare Nährböden (ähnlich wie bei Miquel in Wasser) aufzufangen. Am meisten wird der Apparat von Straus und Würtz [65] erwähnt, bei dem die Keime in verflüssigter Gelatine zurückgehalten werden, die dann zu Platten verarbeitet oder in der Röhre (Fig. 15) G ausgerollt wird. Die bei A angesaugte Luft tritt bei L in den Apparat.

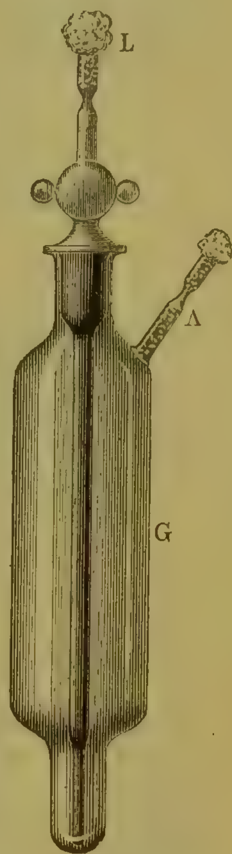


Fig. 15. Luftuntersuchungsapparat nach Straus und Würtz.

Fickers [66] Nachprüfung der Methode von Straus und Würtz ergab bei längerer Versuchsdauer Wachstum der Keime in der warm gehaltenen Gelatine, bei rascherem Durchleiten Keimverlust und ein störendes Schäumen, das auch durch, auf die Gelatine gebrachtes Öl nicht zu beseitigen war.

Beide Nachteile suchte Christiani [67] dadurch zu umgehen, daß er die Keime in sterilem Wasser auffing und in dieses dann hochprozentige Gelatine eintrug, so daß eine Gelatine von üblicher Konzentration entstand.

Die befriedigendste Methode ist von Petri [68] angeregt und später mehrfach verbessert worden. Mittels einer geeichten und mit meinem Zählwerk Z versehenen Luftpumpe L (Fig. 16) — im Laboratorium mittels Wasserstrahlpumpe und Gasuhr — werden gemessene Luftmengen durch ein mit ausgeglühtem Quarzsande gefülltes Röhrchen R von 9 cm Länge und 1,6 cm Durchmesser gesaugt (Fig. 17). Der Quarzsand ist in zwei durch dünne, leicht mit einer Stanze anfertigbare Näpfchen aus Drahtgeflecht d in die beiden Säulchen S und S_1 abgeteilt. Wird nach Entfernung des Wattepfröpfchens W ein Luftstrom — etwa 10 Liter pro Minute — durch den Quarzsand gesaugt, so setzen sich an diesen und zwar schon im ersten Säulchen — das zweite dient also zur Kontrolle — die Mikrobien ab. Wird der Sand mit verflüssigter Gelatine oder Agar gründlich abgespült und diese Nährböden auf Platten gegossen, so kann man durch Zählung der entwickelten Kolonien, bezogen auf die Menge der durchgesaugten Luft, deren Keimgehalt bestimmen. Man kann die Keime aerob oder anaerob, bei beliebigen Temperaturen und in den verschiedensten Nährmedien kultivieren und demnach

den Kreis der Untersuchung der Luftbakterien auf die anspruchsvollsten Mikroorganismen erweitern.

Diesen unleugbaren Vorzügen, verbunden mit der Möglichkeit, größere Luftmengen in Arbeit zu nehmen, steht der Nachteil gegenüber, daß der undurchsichtige Sand das Zählen der Keime auf den Platten erschwert. Ficker [69] empfahl den Ersatz des Sandes durch durchsichtige Glaskörnchen, die man sich durch Zerstoßen und Sieben von Glasperlen leicht bereiten kann. Gröbere Glaskörnchen sind dem schon vorher von Frankland [70] benutzten Glaspulver oder der Glaswolle, welch letztere kaum die Keime quantitativ zurückhalten dürfte, überlegen. Leider haben sich bisher die löslichen Filtermaterialien, so ideal sie wären, nicht bewährt. Frankland [70], Sedgwick und Tucker [71] versuchten die Luft durch feingepulverten Zucker zu filtrieren, vergl. auch Möller [74]. Beim Sterilisieren bäckt jedoch Zucker zusammen, bei feuchter Luft zerfließt er. Das auf Anregung Gautiers von Miquel [72] verwendete Natrium sulfuricum begünstigt das Wachstum der Schimmelpilze, welche dann selbst in alkalischer Gelatine die Bakterienkolonien überwuchern [73].

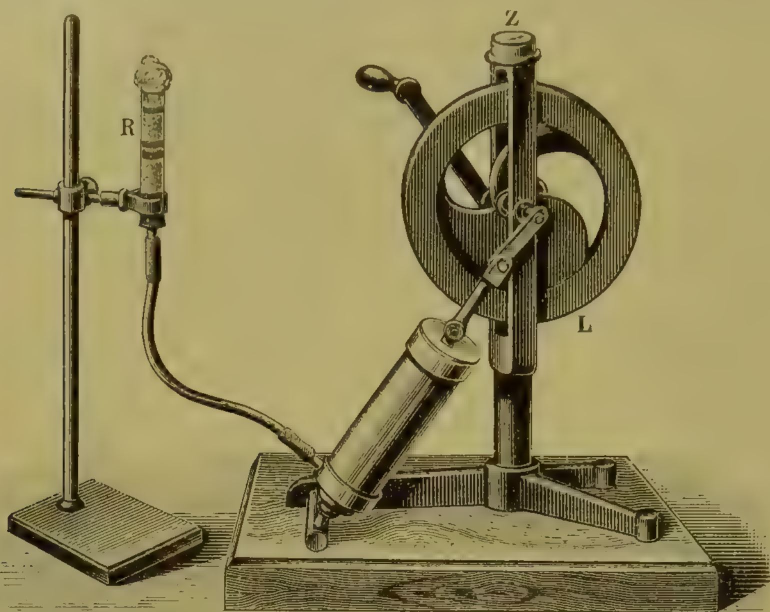


Fig. 16. Luftuntersuchungsapparat nach Petri.



Fig. 17. Rohr zur Aufnahme des Sandes für den Apparat von Petri.

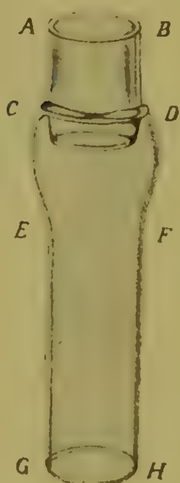



Fig. 18. Rohr zur Aufnahme des Sandes nach Ficker.

M. Ficker hat der Petrischen Röhre eine bemerkenswerte Verbesserung gegeben. Um zu verhüten, daß zwischen Filtermaterial und Glasrohr Keime durchschlüpfen, verwendet er Röhrchen, die (Fig. 18) eine Ausbauchung besitzen, in welche bei CD ein kleiner trichterförmiger Ansatz hineinragt, so

daß die Luft gezwungen ist, in die Mitte der Glaskörnchenfüllung einzuströmen. Die schwere Petrische Pumpe wurde durch einen kräftig saugenden Gummiballon von bekanntem Inhalte ersetzt [75]. Für die Ausführung größerer Reihen von Luftuntersuchungen dürfte die Anordnung, die Hahn auch für die Ermittlung des Staub- und Rußgehaltes anwendete, zu empfehlen sein. Die Luft wird durch eine zweizylindrische Pumpe mit Zählwerk angesaugt. Die Pumpe treibt ein Elektromotor (4 Volt, 0,6 Amp.) mittels eines Akkumulators [76].

Neuestens bedient sich Ficker [77] einfacher evakuierter Röhren von etwa 40—100 cm^3 Inhalt, welche mit erstarrbaren Nährflüssigkeiten beschickt sind. Die Röhrchen werden nach dem Sterilisieren mittels einer Wasserstrahl-

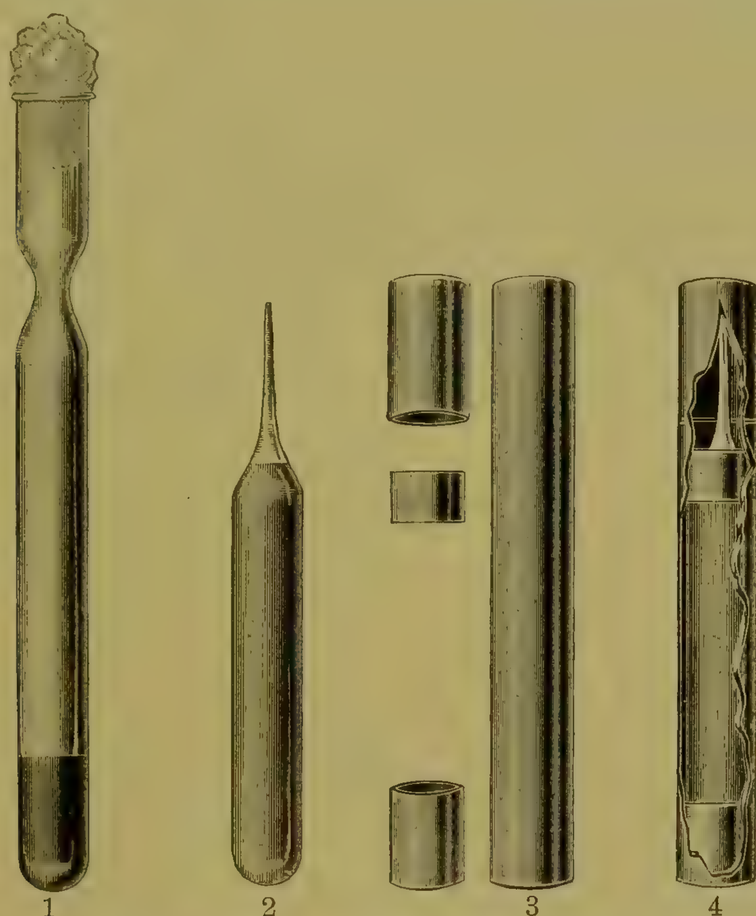


Fig. 19. Luftuntersuchungsröhren nach Ficker.

pumpe luftleer gemacht, an der verjüngten Stelle ausgezogen und zugeschmolzen. Hierauf wird die Nährgelatine nach Art der Esmarchschen Rollröhrchen an der Wand des Röhrchens verteilt. Will man eine bestimmte Luft auf den Keimgehalt untersuchen, so schlägt man die zugeschmolzene Spitze ab, worauf die mit dem Luftstrome einfliegenden Keime sich an den Wänden auf der Nährbodenfläche absetzen und zu Kolonien entwickeln.

Wegen des geringen Fassungsraumes der Röhrchen dürfte die an sich einfache und bequeme Methode nur bei einem höheren Gehalte der Luft an Mikrobien anwendbar sein (Fig. 19) *)

*) Nach persönlicher Mitteilung Fickers ist die Vakuumröhrchen-Methode auch für größere Luftvolumina bei Verwendung von Kolben statt der Röhrchen brauchbar.

Die Verbreitung der Keime in der Atmosphäre.

Den Nachweis, daß sich in der atmosphärischen Luft lebensfähige Keime befinden, erbrachten die in die allererste bakteriologische Ära fallenden Versuche, die zur Widerlegung der Generatio aequivoca führten und von F. Schulze, Schwann, Schröder, v. Dusch und Pasteur [78] angestellt wurden. Es war auch schon Pasteur, Jolly und Musset, Maddox, Cunningham, Fodor [79] bekannt, daß der Keimgehalt nicht zu allen Zeiten und an allen Orten der gleiche sei. In der Folge entstand eine Fülle von Untersuchungen über den Keimgehalt der Luft an den verschiedensten Teilen der Erde, deren zahlenmäßige Ergebnisse wegen der Ungleichheit der angewendeten Methoden nicht direkte Vergleiche gestatten, uns aber immerhin wertvolle Einblicke in die in Betracht kommenden Verhältnisse ermöglichen.

Die eingehendsten Untersuchungen wurden im Observatorium von Montsouris von Miquel [80] angestellt. Sie erstrecken sich nicht nur auf viele Jahre, sondern bringen auch Angaben über den täglichen Gang des Gehaltes an Bakterien, indem die Keimzahlen stündlich ermittelt wurden. Untersucht wurde die Luft auf dem Place Loban im vierten Arrondissement in Paris, andrerseits im Parke von Montsouris. In Paris schwankte im Jahresdurchschnitte 1881—1890 die Keimzahl von 1865 bis 9780 Keime pro m^3; für den Park sind die Extreme 170 und 590. Von den Monaten zeigte der Juli die höchsten (6735), der Januar (3035) die geringsten Keimzahlen. Im täglichen Gange finden wir die kleinsten Zahlen in den frühesten Morgenstunden, die höchsten nachmittags. Uffelmann [81] fand im Sommer 1877 im Universitätshofe zu Rostock 150—1300, auf freiem Felde 150—750, am Seestrande 50—300 Keime pro m^3. Hesse [82] fand in trockener Luft in Berlin 200—1000, im Durchschnitt etwa 500 Keime, von denen fast die Hälfte Schimmelpilze waren. Außerhalb der Stadt war die Zahl beträchtlich kleiner. Ähnliche Angaben bringen Petri [83] für Berlin, Frankland und Hart [84] für London, Valenti G. S. und Ferrari-Selli [85] für Modena. Die Abhängigkeit der Zahlen von der Windrichtung hebt Uffelmann [86] hervor. Landwinde hatten die meisten. Seewinde die wenigsten Keime. Bei Regen nimmt die Keimzahl ab (Uffelmann [87]), dagegen wächst die relative Menge der Schimmelpilze (Hesse [88]). An nebeligen Tagen ist die Zahl der Mikroorganismen sehr groß (Uffelmann [89]). Welz [90] sah das gleiche jedoch nur in der warmen Jahreszeit, während Nebel in den kalten Monaten die Keimzahlen verminderte.

Sehr geringe Keimzahlen bietet die Luft über den großen Meeren, wie Miquel und Moreau, Minervini für den Atlantischen Ozean [91] festgestellt haben. Mit der Entfernung vom Festlande sinken die Zahlen. Fischer [92] hat mit der Methode von Hesse in je 15 Versuchen unter und über 100 Seemeilen Entfernung vom Lande im Durchschnitt 38 bezw. 11 Keime pro Kubikmeter gefunden. Über 120 Seemeilen war die Luft fast stets keimfrei. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch Flemming [93]; doch sind seine Zahlen, da er nach der genaueren Methode von Ficker-Petri (siehe oben) arbeitete, größer. Auch glaubt er, daß die Keime aus weiterer Entfernung als dies Fischer annimmt, herankommen können. Für eine von ihm gezüchtete Hefeart nimmt er die Herkunft vom afrikanischen Festlande — mehr als 600 Seemeilen weit — für erwiesen an. Es scheint dies nicht unwahrscheinlich, wenn man sich erinnert, daß Darwin [94] 600 und selbst

1000 Meilen von Afrika entfernt Staubregen beobachtete, deren Material nachweisbar von diesem Kontinente stammte.

Mit der Erhebung über der Erdoberfläche nimmt der Keimgehalt ab. Hesse [95] fand auf dem Berliner Rathausturme (100 m) nur ein Drittel der Keimzahl der Luft des Rathaushofes. Miquel [96] fand noch größere Unterschiede auf dem Panthéon in Paris. Besonders keimarm ist die Luft auf höheren Bergen. Freudenreich fand in Bern etwa 580 Keime pro m^3; auf den umgebenden Bergen: Col du Théodule (3350 m) 3,3 Keime, Glacier d'Alesch (3000 m) 10 Keime in 10000 Litern Luft [97]; Binot [98] auf dem Gipfel des Montblanc 4—11 Keime pro m^3, während die Luft des Observatoriums 540—260 Keime pro m^3 aufwies.

Eingehendere Kenntnisse verdanken wir der Hilfe des Luftballons. Hierbei ergab sich einerseits, daß die Keimgrenze erst in sehr hohen Regionen liegt, und andrerseits, daß die Keimabnahme nicht kontinuierlich, sondern durch sprunghafte Zunahmen unterbrochen stattfindet. So fand Flemming [99] noch in einer Höhe von 4000 m vielfach Keime (Microc. luteus und citreus Penicill. crust). Die erwähnte Zunahme der Keime beobachtete Flemming besonders an der unteren Wolkengrenze.

Erwähnung verdienen auch die Beobachtungen von Cristiani [100], der ebenfalls während einer Ballonfahrt von Genf aus kein gleichmäßiges Absinken der Keimzahl mit der Höhe fand, wie folgende Tabelle lehrt:

Höhe über dem Meere		
550 m (Genf)	3400	Kolonien (pro m^3 ?).
630 „	2100	„
700 „	0	„
800 „	900	„
900 „	1300	„
1000 „	4900	„
1100 „	100	„
1350 „	0	„

Hahn [101] hat in Ergänzung der von Herz [102] begonnenen Keimzählungen der Höhenluft systematische Ballonversuche angestellt. Nach diesen auch für die meteorologische Forschung anscheinend wertvollen Untersuchungen herrscht Keimfreiheit im Sommer in Höhen von über 3000 m, während diese Zone im Winter schon in Höhen von 1600—1800 m erreicht wird. Auch Hahn stellte fest, daß die Keimabnahme nicht kontinuierlich erfolgt, sondern daß auf Zonen mit höherem, solche mit geringerem Keimgehalte kämen. Hierbei war ein Parallelismus mit der Dampfspannung zu beobachten, in der Weise, daß mit sinkender Spannung auch der Keimgehalt abnahm. Da ein höherer Feuchtigkeitsgehalt charakteristisch ist für von der Erde aufsteigende Luftströmungen, so ergibt sich eine Abhängigkeit der Keimzahl von der Herkunft der untersuchten Luftschicht. Hier hat die Bakteriologie der meteorologischen Forschung ihre Methode geliehen. Vielleicht verhilft sie ihr auch zu einer befriedigenden Hageltheorie. Die reichen Bakterienbefunde im Schmelzwasser der Hagelkörner — Belli [103] fand im Kubikzentimeter 140 auf Agar züchtbare Bakterien, Foutin [104] 729, darunter einen tierpathogenen Kokkus, Bujvid [105] gar 21000 Keime — lassen vermuten, daß entgegen den älteren Ansichten die Entstehung des Hagels in verhältnismäßig niederen Schichten der Atmosphäre vor sich geht.

Sehr geringe Keimzahlen bietet auch die Luft in den polaren Zonen.

Für die Antarktis liegen Untersuchungen von Ekelöf [106], für das nördliche Polargebiet von Levin [107] und Blessing [108] vor.

Auf den geringen Keimgehalt der Luft der lybischen Wüste hat Engel [109] aufmerksam gemacht.

Wenn man die Zahlen der in der Raumeinheit Luft vorkommenden züchtbaren Keime mit jenen verunreinigten Wassers oder des Erdbodens vergleicht, muß die relative Keimarmut auffallen, welche selbst dort besteht, wo starke Staubentwicklung stattfindet oder wo (Brandung des Meeres, Wasserfälle) Gelegenheit zu einer Versprayung keimhaltigen Materiales in ausgedehntem Maße gegeben ist. Der Grund hierfür liegt in dem Zusammenwirken mehrerer Faktoren. Vor allem ist die enorme Verdünnung zu erwägen, die die Keime erfahren, wenn sie in das schier unermeßliche Luftmeer emporgetragen werden. Weiter bietet ihnen die Luft keine Bedingungen zu einer Vermehrung wie das Wasser oder der an organischen Stoffen reiche Boden, sondern es findet im Gegenteile durch Austrocknung, Einwirkung des Lichtes der Sonne eine rasche Vernichtung vieler Keime statt [110].

Die Hauptursache der geringen Keimzahl liegt vermutlich darin, daß die Keime, wenn nicht stärkere Windströme herrschen, bald zu Boden sinken, und nur unter besonderen Umständen wieder in die Luft gewirbelt werden. Wesentlich ist hierfür, ob die Fläche, auf welche die Keime aufgefallen sind, naß oder trocken war.

Über die Ablösung von Keimen von trockenen Oberflächen verdanken wir Flügge [111] wertvolle Angaben. Danach ist es von Belang, ob das bakterienhaltige Material fest aufgetrocknet oder nach dem Auftrocknen mechanisch gelockert wurde. Weiters erhebt sich der Staub leichter von glatten als von rauhen Unterlagen. Breitet man feinen Staub auf eine Glasplatte, so genügen Luftströme von wenig mehr als 1 m Geschwindigkeit zur Aufwirbelung der kleinen Teilchen, während man eines 30 bis 60 mal geschwinderen Luftstromes bedarf, um von eingetrockneter Erde Keime loszulösen. Sind die Keime aufgewirbelt, so genügen sehr kleine Luftströmungen, 0,2 mm pro Sekunde für die horizontale Fortbewegung, 0,3—0,4 mm pro Sekunde, um sie kleine Strecken nach aufwärts zu tragen.

Von nassen Oberflächen werden, wie Naegeli [112], Buchner [113] und Wernich [114] nachwiesen, Keime nur dann abgelöst, wenn sich durch Wellenbildung oder Verspritzen feinste Tröpfchen bilden. Solche Fälle schienen zunächst für die Pathologie von geringer Bedeutung, bis Flügge [115] zeigte, daß beim Niesen, Husten, aber auch beim Sprechen feine und leicht transportable Tröpfchen in die Luft übergehen. Besonders überzeugend sind die von Laschtschenko [116], einem Schüler Flügges, angestellten Versuche, der Personen, die Aufschwemmungen des Bacillus prodigiosus in den Mund genommen hatten, sprechen, husten und niesen ließ. Die durch die Kultur leicht nachweisbaren Mikroben ließen sich in geschlossenen Räumen noch in Entfernungen von 6 m, beim Niesen sogar von 9 m von der Versuchsperson auffinden. Diese Ergebnisse bestätigten im wesentlichen v. Weismayr [117] und Koeniger [118]. v. Weismayrs Entfernungen sind allerdings wesentlich kleiner. Koeniger machte auf den springenden Punkt, die Bewegtheit der Luft für den Transport der schwebenden Tröpfchen aufmerksam. Bei einer Luftzugstärke von 10 cm Geschwindigkeit pro Sekunde kann ein mit Keimen beladenes Tröpfchen innerhalb 5 Minuten 30 m weit getragen werden. Stärkere Luftströme

erhöhen noch diese Werte. So vermochte Kirstein [119] durch die Ventilatorenanlage des hygienischen Institutes zu Gießen den vor dem Flügelbläser im Erdgeschosse versprayten Prodigiosus in alle Räume des Institutes bis zum Dachgeschosse zu bringen. Im Freien gelang es Hutchison [120] den gleichen Mikroorganismus in der Windrichtung in Entfernungen von 300 und selbst 600 m von der Versprayung durch ausgelegte Nährbodenplatten nachzuweisen.

Infolge der starken Verdünnung im Luftmeere, insbesondere auch wegen der geringen Lebensdauer schwebender pathogener Bakterien, sind glücklicherweise die Gefahren einer Luftinfektion, zumal im Freien, außerordentlich gering. Wesentlich trägt zu einer Verminderung der Keime, wie oben erwähnt, die meist rasche Sedimentierung bei. Die „Schwebedauer" ist, soweit dies aus den Versuchen geschlossen werden kann, für die Überzahl der Mikroben sehr kurz. Bakterien und Schimmelpilze verhalten sich verschieden. Die Bakterien, an sich kleiner und leichter als die Schimmelsporen, sind im Gegensatz zu den letzteren nicht isoliert in der Luft, sondern haften an anderen Partikelchen fest oder sind zu Verbänden vereint. Demnach ist die Schwebedauer für die Schimmelpilzsporen und vermutlich auch für die Hefezellen nicht nur größer als bei den Bakterien, sondern es genügen auch geringere Luftströmungen für den Transport. So fand Hesse, daß sich in einer mit Gelatine ausgekleideten Röhre, durch welche ein Luftstrom gesaugt wird, in der Nähe der Eintrittsöffnung für die Luft vorwiegend Bakterienkolonien, fern von dieser mehr Schimmelpilze entwickeln [121]. Bei Bakterien scheint in ruhender Luft die Zeitdauer des Schwebens gering zu sein. Flügge [122] konnte Prodigiosuskeime noch 4 Stunden, aber nicht mehr 8 Stunden nach der Zerstäubung in geschlossenen Räumen nachweisen. Eine geringere Schwebedauer scheinen die beim Sprechen erzeugten keimhaltigen, vielleicht größeren Bläschen zu haben. In Versuchen von Weismayr [123] war die Hauptmasse schon nach einer halben Stunde zu Boden gesunken. Koeniger [124] fand schon nach 10 Minuten eine beträchtliche Abnahme. In ruhiger Zimmerluft gelang es nach 1 Stunde Ruhezeit niemals mehr Keime aufzufinden. Nur bei künstlich stark erhöhter Luftbewegung waren noch nach $1^1/_2$ Stunden vereinzelte Keime nachweisbar. Ähnliche Ergebnisse hatte Hutchison [125].

Wir sehen also Sedimentierung (besonders im geschlossenen Raume), Verdünnung (im Freien), ferner Abtötung der Keime durch Austrocknung und Licht als die Hauptfaktoren für die „Selbstreinigung" der Luft an.

Der Gattung nach gehören die Luftkeime fast ausschließlich zu den Saprophyten. Bei der Abhängigkeit der Keimarten von der Unterlage der Luft, dem Überwiegen saprophytischer Mikroorganismen in Boden und Wasser erscheint dieses Verhalten verständlich. Dazu kommt noch, daß von den pathogenen Keimen nur ganz wenige Arten, wie die Staphylokokken, die Tuberkelbazillen jenen Grad der Austrocknung ertragen, der zu ihrer Flugfähigkeit erforderlich ist. Auch läßt das Medium, in welchem die Keime eingebettet sind, sich selten so fein verstäuben, wie es für den Lufttransport notwendig wäre. Darauf scheint, wie Flügge [126] und seine Schüler wahrscheinlich gemacht haben, der relativ seltene Befund von verstäubten Tuberkelbazillen zu beruhen.

Unter den Luftkeimen überwiegen der Zahl nach die Kokken. Von Bakterien sind die versporbaren Arten häufiger. Die Blastomyzeten sind häufig durch die Rosahefe vertreten [127]. Überhaupt überwiegen die chromo-

genen Arten, besonders in den höheren Luftschichten. So sind farbige Sarzinen ein häufiger Befund. Flemming [128] schreibt sogar dem Farbstoffe der häufig rotbraun und grüngelben Arten eine Schutzwirkung gegenüber den ultravioletten Strahlen der Sonne zu, eine Annahme, die vielleicht einer Nachprüfung wert wäre.

Nach demselben Autor überwiegen in den höheren Luftschichten die Sproß- und Schimmelpilze gegenüber den Bakterien, ein Ergebnis, das mit der von Hesse und anderen Autoren erhobenen leichteren Flugfähigkeit der ersteren übereinstimmen würde. Eine eingehende Schilderung der in der Luft gefundenen Mikrobenarten zu geben, überschreitet den Rahmen dieses Handbuches. Wir verweisen auf die Beschreibungen von Welz [129], Dyar [130], Flemming [131].

Literatur:

1) Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. **36**, 655.
2) Les poussières de l'air, Paris 1877, ref. Ztschr. f. Met. 1879, **14**, 191.
3) Arch. Hyg. 1894, **21**, 325.
4) Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. **36**, 655 u. f.
5) Les poussières de l'air, Paris 1877, ref. Z. f. Meteor. 1879, **14**, 191.
6) Brouardel u. Mosny, Traité d'hygiène, I. Atmosphère par Courmont. Paris 1906, S. 69; Kirchner, Milit. Gesundheitspfl., 2. Aufl., S. 122.
7) Compt. rend. **50**, 302 u. **85**, 178, zit. nach Blücher, „Die Luft". Leipzig 1900, S. 24.
8) Kirchner, Milit. Gesundheitspfl., 2. Aufl., S. 122; Brouardel u. Mosny, Traité d'hygiène, I. Atmosphère par Courmont, Paris 1906, S. 69.
9) l. c.
10) Emmerich u. Trillich, Anleitung zu hygienischen Untersuchungen. 2. Aufl., S. 81.
11) Proc. R. S. Edinb. 1890, **17**, zit. nach Gemünd, Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. **40**, 402; vgl. Meteorology practical and applied by Moore Lond. **1910**, 198. Der Apparat wird geliefert von Kelvin u. James White, Glasgow, 18 Cambridge Street.
12) Siehe Renk in Pettenkofer-Ziemsens Handb. 1886, **1**, 2. Abt., 2. Heft, S. 109.
13) Arch. f. Hyg. **27**, 365.
14) Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. 1908, **40**, 325.
15) Gesundheits-Ingenieur 1894, **17**, 373.
16) Hyg. Rundsch. 1900, **10**, 259; Arch. f. Hyg. 1906, **57**, 365.
17) Arch. f. Hyg. 1909, **68**, 10.
18) Arb. aus d. Kgl. Inst. zu Dresden 1907, **2**, Heft 1.
19) Gesundheit 1909, **20**; Rauch und Staub, Zeitschrift für ihre Bekämpfung. Düsseldorf, bei Bagel, 1910, Heft 3, S. 78.
20) Sitzungsber. d. med.-phys. Kl. d. Kgl. bayr. Akad. d. Wiss. vom 7. VI. 1879, zit. nach Renk, l. c., S. 117.
21) Dunbar, Zur Ursache und spez. Heilung des Heufiebers. München 1903. Ders., Ursache und Behandlung des Heufiebers. Leipzig 1905. Wolf-Eisner, Das Heufieber, sein Wesen und seine Behandlung. München, Lehmanns Verl. 1906.
22) Exper. Research. on the Causes and Nature of Catarrh. aestivus, London 1873.
23) Hyg. Rundsch. 1906, **16**, 813.
24) Berl. klin. Woch. 1905, **9**.
25) Müller, Lehrb. d. kosm. Physik 1875, S. 235.
26) Renk, „Die Luft" in Pettenkofer-Ziemsens Handb. d. Hyg., I. Teil, 2. Abt., 2. Heft, S. 118.
27) Hellmann u. Meinardus, Abh. d. preuß. met. Inst. Berl. 1901, **2**, zit. nach Supan, Grundz. d. phys. Erdk., 3. Aufl., Leipzig 1903, S. 502.
28) Umlauft, Das Luftmeer, 1891, 32/33.
29) Z. f. analyt. Chem. **4**, 457, zit. nach Renk, l. c.
30) a. a. O.
31) Hyg. Untersuchungen über Luft, Boden u. Wasser. Braunschweig 1881, S. 94.
32) Arch. f. Hyg. **57**, 361.
33) Hann, Meteor., 1. Aufl., Leipzig 1901, S. 15.
34) Arch. f. Hyg. 1909, **68**, 22.

35) Arch. f. Hyg. **57**, 358; vgl. Hurdelbrink, Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. 1909, **41**, 379.
36) Arch. f. Volkswohlfahrt 1907, **1**, 161.
37) Hauser schreibt 75 Proz. der ganzen Rauchentwicklung aus Industriefeuerungen in München der Nachlässigkeit der Heizer zu. Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. 1910, **42**, 142.
38) Siehe Clayton, ref. Journ. f. Gasbel. 1908, **51**, 34.
39) Vgl. das Kapitel „Nebel", S. 502; ferner Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. 1900, **32**, 565; 1. Bericht der Kommission zur Bekämpfung des Rauches in Königsberg 1907, **48**, Heft 2, ref. Gesundheits-Ingenieur **31**, 429; Gesundheits-Ingenieur **32**, 842 u. **33**, 35.
40) Gesundheits-Ingenieur 1910, **33**, 31.
41) Arch. f. Hyg. **57**, 367; ebenda **68**, 18.
42) Gesundheits-Ingenieur 1910, **33**, 35.
43) Ebenda, S. 30; vgl. Renk, Arb. a. d. Kgl. hyg. Instituten zu Dresden 1907, **2**, Heft 1; ferner Orsi, Arch. f. Hyg. 1909, **68**, 10.
44) Arch. f. Hyg. **27**, 367.
45) Zit. nach Hyg. Rundsch. **1**, 519.
46) Hann, Handb. d. Klimat. 1908, 3. Aufl., **1**, 82.
47) Umlauft, Luftmeer S. 35; Rauch u. Staub, Ztschr. 1910, **1**, 12; Müller, Lehrbuch d. kosm. Physik. Braunschweig 1875, S. 385.
48) Vgl. die Handb. d. prakt. Hyg.: Flügge, Lehrb. d. hyg. Unters.-Methoden 1881, S. 116; Lehmann, Meth. d. prakt. Hygiene, 2. Aufl., 1901, S. 157; Emmerich u. Trillich, Hueppe u. a., ferner Friedberger in Kolle-Wassermanns Handb. d. path. Mikroorg. 1903, **1**, 477.
49) Vgl. Flügge, Ref. anl. der Tagung der freien Vereinigung für Mikrobiologie, Ztrlbl. f. Bakt., Referate **38**, Anhang S. 49.
50) Ztschr. f. Hyg. **30**, 135 u. ebenda, S. 117.
51) Ztschr. f. Hyg. **30**, 143, Abbild. 146.
52) Inaug.-Diss., Berlin 1898.
53) Wiener klin. Wochenschr. 1896, **46**.
54) Arch. f. Dermat. u. Syph. **43** u. **44**, 2. Teil, S. 159.
55) Berl. klin. Wochenschr. 1899, S. 232.
56) Ztschr. f. Hyg. **38**, 21.
57) Lode, Monatsschr. f. Gesundheitspfl., Wien 1899, S. 193.
58) Comparison between bacteriological analysis of air by the plate metod and by filters. Journ. of inf. dis. Suppl. 1907, **3**, 82—84; ref. Hyg. Rundsch. 1908, S. 128.
59) Courmont in Brouardel-Mosny, Traité d'hygiène **1**, 70; Jahrb. d. Observator. von Montsouris 1886, deutsch von Emmerich. München 1889, S. 3; Emmerich u. Trillich, Anl. zu hyg. Unters. 1892, S. 221.
60) Arch. f. Hyg. **1**, 191; Emmerich u. Trillich, l. c., S. 87, 223.
61) Mitt. d. Kais. Ges.-Amt 1881, **1**, 32.
62) Ebenda 1884, **2**, 185; Ztschr. f. Hyg. **4**, 19.
63) Phil. transactions of the R. S. of London 1887, **178**.
64) Science N. S. **28**, 705; zit. Hyg. Rundsch. 1910, S. 298.
65) Annal. de l'inst. Past. 1888; vgl. auch das Verf. nach Hüppe v. Sehlen in Stavenhagens Einführung in das Studium der Bakt. 1895, S. 115.
66) Ztschr. f. Hyg. **22**, 35.
67) Ref. Zentralbl. f. Bakt., Referate **36**, 71.
68) Ztschr. f. Hyg. **3**. 1.
69) Ztschr. f. Hyg. **22**, 39.
70) Phil. transact. of the R. Soc. of London 1887, **178**.
71) Proc. of the Soc. of Arts, Boston 1888.
72) Annal. de microgr. 1889; Guiraud, Manuel prat. d' Hygiène, Paris, II. ed., 1899, S. 65.
73) William, Ztschr. f. Hyg. **15**, 166.
74) Ges.-Ingen. 1894, **17**, 373.
75) Ztschr. f. Hyg. **22**, 42, 44.
76) Zentralbl. f. Bakt. Orig. **51**, 101.
77) Arch. f. Hyg. **69**, 48.

78) Gottschlich in Flügges Handb. d. Mikroorg. 1896, **1**, 7, und Gruber: Pasteurs Lebenswerk, Wien 1896, S. 7.
79) Zit. nach Renk in Pettenkofer-Ziemsens Handb. d. Hyg. **1**, 2. Abt., 2. Heft, S. 131; daselbst genaue Literaturangaben.
80) Miquel, Les organismes vivants de l'atmosph., Paris 1883; Meteor. Ztschr., Wien 1892, S. 103.
81) Arch. f. Hyg. **8**, 298.
82) Mitteil. d. Kais. Ges.-Amtes, Berlin 1884, **2**, 196.
83) Ztschr. f. Hyg. **3**, 1.
84) Proc. of the royal soc. London, Vol. 42, tome 267.
85) Atti della R. Acad. d. Scienze di Modena 1900, Ser. **3**, Vol. 3; zit. Hygien. Rundsch. 1901, S. 427.
86) Arch. f. Hyg. **8**, 300.
87) l. c. S. 301.
88) l. c.
89) l. c. S. 301.
90) Ztschr. f. Hyg. **11**, Heft 1.
91) Ztschr. f. Hyg. **35**, 166, 192, daselbst reiche Literatur.
92) Zit. ebenda S. 180; Ztschr. f. Hyg. **1**, 421; **2**, 54; **17**, 185.
93) Ebenda **58**, 369.
94) Ch. Darvin, An account of the fine dust which often falls on vessels in the atlantic Ocean. Memoir descriptive and explanatory of the northern atlantic Ocean by A. G. Findlay, London 1878.
95) Mitteil. aus d. Kais. Ges.-Amte, Berlin 1884, S. 196.
96) Courmont in Brouardel-Mosnys Traite d'hygiène **1**, 65.
97) Zit. nach Minervini, Ztschr. f. Hyg. **35**, 166 und Brouardel-Mosny: Atmosphère par Courmont. Paris 1906, S. 65.
98) Compt. rend. **134**, 673; zit. Hyg. Rundsch. **13**, 356.
99) Ztschr. f. Hyg. **58**, 346.
100) Courmont in Brouardel-Mosny, Traite d'hygiène **1**, 66.
101) Zentralbl. f. Bakt. Orig. **51**, 97.
102) Jahresber. d. Münchner Luftschiffervereins 1903, 1904.
103) Hyg. Rundsch. 1901, S. 1181.
104) Zentralbl. f. Bakt. 1890, **12** und Wratsch 1889, **49** u. **50**; zit. Hyg. Rundsch. 1901, S. 1184.
105) Zentralbl. f. Bakt. 1888, **1**.
106) Ztschr. f. Hyg. **56**, 344.
107) Annal. de l'Inst. Pasteur 1889, **7**, 558.
108) Petermanns geogr. Mitt. **47**, 154.
109) Courmont, l. c. S. 66; Engel, Klima und Gesundheit. München. S. 14.
110) Vergl. die Ergebnisse von Kirstein, Ztschr. f. Hyg. **35**, 123 und **38**, 23; ferner Hutchison, ebenda **36**, 229.
111) Ztschr. f. Hyg. **25**, 187.
112) v. Nägeli, Die niederen Pilze, 1877, S. 107.
113) Münchner ärztl. Intelligenzblatt 1879, **29**, 317 und ebenda 1880, **50**, **51**, **52**.
114) Virch. Arch. 1880, **79**.
115) Ztschr. f. Hyg. **25**, 179.
116) Ebenda **30**, 127.
117) Wien. klin. Wochenschr. 1898, S. 1039.
118) Ztschr. f. Hyg. **34**, 149.
119) Ebenda **35**, 123.
120) Ebenda **36**, 246.
121) Mitt. aus d. Kais. Ges.-Amt 1884, **2**, 187.
122) Ztschr. f. Hyg. **25**, 196.
123) Wien. klin. Wochenschr. 1898, **46**.
124) Ztschr. f. Hyg. **34**, 149.
125) Ebenda **36**, 233.
126) Ebenda **30**, 115.
127) Minervini, Ztschr. f. Hyg. **35**, 182.

128) Ztschr. f. Hyg. **58**, 365.
129) Ebenda **11**, Heft 1.
130) Annals New York Acad. Science VIII, May 1895, **23**, 322—380. Studies from the Dept. of Pathol. College of Phys. a. Surg., Vol. 4; cit. Hyg. Rundsch. **6**, 623.
131) Ztschr. f. Hyg. **58**, 376.

Luftwärme.

Außer der chemischen Beschaffenheit der Luft und ihrer Verunreinigung durch schwebende Teilchen spielt der physikalische Zustand: Wärme, Druck, Bewegtheit eine hygienisch bedeutsame Rolle. Wir beginnen mit der Schilderung der Temperaturverhältnisse.

Quellen der Wärme.

Die als Wärme auf der Erdoberfläche auftretende Energieform stammt zum weitaus überwiegenden Teile — direkt oder indirekt — von der Sonnenstrahlung. Die Wärmemenge, welche uns der Mond und die Fixsterne zusenden, ist so geringfügig, daß sie kaum eine meteorologische, geschweige denn eine hygienische Bedeutung besitzt. Dagegen kann die Wärme aus dem Erdinnern in hygienischer Beziehung von Belang sein.

Das Erdinnere besitzt nach unserer Vorstellung, welche auf der Erfahrung fußt, daß für etwa 35 m Bohrtiefe die Wärme um einen Grad Celsius zunimmt, (geothermische Tiefenstufe) einen beträchtlichen Wärmevorrat. Demnach fließt entsprechend der Leitfähigkeit des die Erdkruste zusammensetzenden Materiales ein ununterbrochener Wärmestrom gegen die Erdoberfläche, dessen Größe für den Quadratzentimeter und Jahr mit 54 Kalorien annähernd berechnet worden ist. Unter Berücksichtigung des Wärmeverlustes der Erdoberfläche gegen die Atmosphäre berechnet Trabert [1], daß die Mitteltemperatur der Erdoberfläche durch die Erdwärme nur um 0,1—0,2° C erhöht wird. Dieser an sich kleine Wert kommt überdies bei dem mit Wasser bedeckten Teile der Erdoberfläche (ca. $^2/_3$ derselben) nicht zur Geltung, weil das kalte Wasser der Ozeane kaum einen merkbaren Einfluß auf die Wärme des Wassers der Oberfläche ausübt. So wenig also die Erdwärme die Luftwärme entscheidend beeinflußt, so sehr kann für den Hygieniker die Erdwärme als Wärmequelle wichtig sein, wenn es sich um die Beurteilung der Wärmeverhältnisse unterirdischer Bauten (Tunnels, Bergwerke) in beträchtlicher Tiefe oder in beträchtlicher Entfernung von der Erdoberfläche handelt.

Eine Berechnung der voraussichtlichen Wärme nach der geothermischen Tiefenstufe hat nur einen orientierenden Wert, da die Wärmezunahme nicht nur von der Entfernung zur Erdoberfläche, sondern von einer Reihe lokaler Faktoren abhängt. Sie wechselt mit der Leitfähigkeit der Gesteine [2], ferner wird sie von im Gesteine etwa vorhandenen Wärmequellen beeinflußt; so entsteht eine beträchtliche Temperatursteigerung durch die Oxydationsvorgänge im Pyrit und Markasit des Goldbergwerks Comstock in Nevada.

Die kleinste bekannte geothermische Tiefenstufe bietet die Braunkohlengrube von Osseg in Böhmen mit 5,2 m; im Bohrloche bei Neuffen auf der

schwäbischen Alb beträgt die Stufe nur 11,1 m, offenbar wegen der nahen Beziehungen zu noch nicht völlig erkalteten vulkanischen Massen. Umgekehrt findet man hohe Werte, wenn in die Bohrlöcher eindringende Tagwässer oder Quellen das Gestein abkühlen. So war 4—5 Kilometer vom Südportale des Simplontunnels die Temperatur um 10—20° C niedriger, als man vorher berechnet hatte. Auch bei steiler Schichtenstellung der Gebirgsmassen nimmt die Temperatur langsamer zu, eine Erfahrung, die erst die Durchbohrung des Simplontunnels gelehrt hat.

Über irdische Wärmequellen siehe die Kapitel Heizung, Gewerbehygiene.

Die Hauptquelle der Wärme in der Atmosphäre ist die Sonnenstrahlung. Es gelangt jedoch nur ein Teil der von der Sonne herabgestrahlten Energie wirklich auf die Erdoberfläche. Ein Teil wird an der Grenze der Atmosphäre wieder in den Weltenraum zurückgeworfen und geht der Erde verloren. Weiters treten Veränderungen in der Atmosphäre auf durch Absorption und die sogenannte diffuse Reflexion. Nicht alle Strahlen nehmen an diesen Veränderungen im gleichen Maße teil. Der Absorption unterliegen hauptsächlich die langwelligen Strahlen im Ultrarot (Wärmestrahlen). Insbesondere ist es der Wasserdampf und die Kohlensäure, welchen diese Absorptionswirkungen zugeschrieben werden. Für die Wärmeökonomie der Erde, welche gegen den kalten Weltenraum starke Wärmeverluste durch Abstrahlung erleiden würde, ist diese Absorption von größtem Wert. Die leuchtenden Strahlen mittlerer Wellenlänge können die Atmosphäre durchdringen und die Erde erwärmen. Werden sie nun von der warmen Erde als dunkle langwellige Strahlen zurückgesendet, so verbleiben sie, einen Wärmeverlust vermeidend, in der Atmosphäre. Wie sehr der Wasserdampf die Abstrahlung der Wärme verhindert, ersieht man aus dem hohen Wärmeverluste, den die Erde an trockenen klaren Nächten erleidet. Auf dieser „selektiven“ Absorption beruht auch die sogenannte Glashauswirkung der Atmosphäre. Glas läßt bekanntlich vorwiegend die leuchtenden Strahlen durchtreten, während es die (langwelligen) Wärmestrahlen absorbiert. In das Glashaus dringen die leuchtenden Strahlen der Sonne, welche vom Erdboden aufgenommen werden, denselben erwärmen und nunmehr als (dunkle) Wärmestrahlen vom Glase nicht mehr aus dem Hause gelassen werden. Dieser Eigenschaft der Atmosphäre verdanken wir die relativ hohe Temperatur an der Erdoberfläche.

Die kurzwelligen violetten und blauen Strahlen der Sonne werden in der Atmosphäre durch die „diffuse Reflexion“ am meisten geschwächt, während die gelben und roten wenig beeinflußt werden. Dieser diffusen Reflexion verdanken wir das zerstreute Tageslicht, das Licht im Schatten und eine gewisse Wärmestrahlung, die uns das ganze Himmelsgewölbe zusendet. Der Reichtum an blauen Strahlen verursacht die blaue Farbe des Himmelslichtes. Je länger der Weg ist, den die Strahlen zurücklegen, desto mehr werden die kurzwelligen Strahlen zugunsten der gelben und roten zurückgedrängt. Daher die gelbe und rote Farbe der auf- und untergehenden Sonne, im Gegensatze zur „weißen“ Farbe des Lichtes beim Hochstande der Sonne. Als Ursache der Reflexion sieht man die schwebenden Staub- und Wasserteilchen an. Es ist demnach bei der Morgen- und Abendröte nicht nur der verlängerte Weg in der Atmosphäre, sondern auch der höhere Staub- und Wasserbläschengehalt der zu durchlaufenden niederen Luftschichten von Belang.

Indem man nun zur selben Zeit Messungen der Energiemenge auf einem hohen Berge und am Fuße desselben anstellte, andrerseits am gleichen Tage, jedoch bei verschiedenen Sonnenhöhen die Messungen ausführte, gelangte man zu einem annähernden Maße für den Energieverlust durch eine bestimmte Dicke der Atmosphäre, wodurch wieder die Basis für eine Berechnung der Wärmemenge gegeben war, welche die Sonne an der Grenze der Atmosphäre der Erde zustrahlt. Diese sogenannte Solarkonstante wird meist nach den mittleren Ergebnissen von Langley mit 3 Grammkalorien für die Minute und 1 cm^2 angenommen, woraus sich für den Tag für 1 cm^2 1000 Grammkalorien ergeben [3]. Von dieser Menge werden 20 Proz. von der Atmosphäre absorbiert, 40 Proz. gelangen bis zur Erdoberfläche, während der Rest, also 40 Proz., im Weltenraum durch Rückstrahlung verloren geht. Demnach kommen der Erde etwa 60 Proz. der zugestrahlten Wärme zugute. Nachdem die Abschwächung der Strahlung eine Funktion der Schichtendicke der Atmosphäre ist, versteht man die Zunahme der Menge zugestrahlter Wärme mit der Erhebung über die Erdoberfläche und andererseits deren Änderung nach dem Stande der Sonne.

Die Temperatur an der Erdoberfläche hängt aber nicht allein von der Größe der Wärmeaufnahme ab, sondern wird sehr wesentlich durch die Wärmeabgabe beeinflußt. Hierbei sei in erster Linie an die Ausstrahlung der Wärme an den Weltenraum erinnert. Überwiegt in den langen Sommertagen die Einstrahlung, so steigt die Temperatur der Erde; im Winter überwiegt die Wärmeabstrahlung in den langen Nächten und die Temperatur sinkt.

Die Messung des Temperaturverlustes durch Ausstrahlung wurde vielfach ausgeführt und eine Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Untergrundes festgestellt.

Am meisten angeführt werden die Versuche von Homen, der in Südfinnland (60° 17′ n. Br., 23° 40′ ö. L. v. Gr. und in einer Höhe von 50—80 m über dem Meere) vom 14. August 1896 bis zum 3. Oktober Messungen anstellte. Von $5^h 50$ vormittags bis $6^h 20$ nachmittags gewann die Erde durch die Sonnenstrahlung pro cm^2 504,2 Kalorien, während die gleichzeitige Ausstrahlung 132,8 Kal. und in der folgenden Nacht 115,4 Kal. betrug. Somit ergab sich ein Gewinn für die Erdwärme von 256 Kal. Am 1. Oktober sank die Wärmeeinstrahlung auf 190 Kal., die Ausstrahlung auf 48 und 91 Kal., so daß nunmehr 51 Kal. zur Erderwärmung übrig blieben [4]. Die Wärmeausstrahlung wird durch die Atmosphäre gehemmt und nimmt demnach mit zunehmender Erhebung über den Erdboden zu. Pernter fand im Vereine mit Trabert [5] die Ausstrahlung in Rauris (950 m über dem Meere) 0,15 Kal., auf dem Sonnblickgipfel 0,20 Kal. pro Minute und cm^2.

Örtliche und zeitliche Schwankungen der Temperatur.

Wenn man den Stand des Thermometers an einem bestimmten Punkte der Erdoberfläche durch einige Tage verfolgt, wird man wahrnehmen, daß es nachts kälter ist als am Tage und durchschnittlich die niedrigste Temperatur in die ersten Morgenstunden, die höchste in die ersten Nachmittagsstunden fällt. Nachdem andererseits der Winter die niedere, der Sommer die höhere Temperatur bringt, wird man in erster Linie diese Wärmekurve der Sonnenstrahlung zuschreiben. Daß diese nicht die alleinige Ursache der Größe der Wärmeschwankung ist, erhellt aus der nachfolgenden Tabelle und der Zeichnung Fig. 20, in welcher die Tageskurve für den

Sommer, und zwar für Paris [6] und andererseits für einen Ort [7] des Atlantischen Ozeans in einer Breite von 30° eingetragen wurde.

Lufttemperatur nahe der Erdoberfläche:

Zeit:	12—2h nachts	2—4h	4—6h	6—8h	8—10h	10—12h	12—2h mittags	2—4h	4—6h	6—8h	8—10h	10—12h	Differenz
Atlant. Ozean 30° n. Br. (Sommer)	18,9	18,9	19	19,2	19,6	20,2	20,6	20,6	20,3	19,7	19,3	19,0	1,7
Paris (Sommer)	14,5	13,9	13,1	14,3	17,4	19,9	21,2	21,7	21,2	20,1	17,6	15,9	8,6

Da Paris 49° n. Br. liegt, sind die Kurven nicht den absoluten Werten nach vergleichbar. Doch erhellt insbesondere auch aus dem Diagramm Fig. 20, daß der Ort auf dem Atlantischen Ozean eine flachere Tageskurve besitzt als Paris und daß die höchsten und niedrigsten Wärmezahlen im ersten Falle nur um weniges: 1,7°, im zweiten um beträchtlich mehr: 8,6° C von-

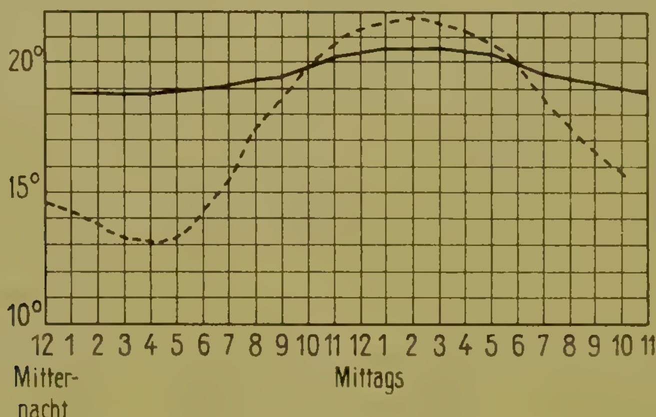


Fig. 20. Täglicher Gang der Temperatur.
Atlant. Ozean 30° n. Br. ———. Paris Sommer - - - - -.

einander abweichen. Noch beträchtlichere Temperaturschwankungen (Temperaturamplituden) besäße ein Ort im Innern eines großen Kontinents.

In unserem Beispiele fällt ferner auf, daß Paris im Sommer eine etwas höhere Temperatur erreicht, als der Ozean (21,7 gegen 20,6), obwohl man nach der höheren geographischen Breite von Paris das Gegenteil erwarten müßte. Da die Wärmemenge, welche der erwähnten Stelle am Ozean von der Sonne zugeführt wird, sicher größer ist als jene, welche zur gleichen Jahreszeit nach Paris strömt, so kann der Gang der Temperatur nahe der Erdoberfläche nicht in eine einfache Beziehung zur Wärmeeinstrahlung gebracht werden, sondern muß in anderen Ursachen seinen Grund haben. Von Belang für die Erklärung dieses Phänomens sind die Messungen der Lufttemperatur in verschiedenen Höhen der Atmosphäre.

Angot hat 1890—1894 eine Reihe von Wärmemessungen am Eiffelturme in Paris gemacht, und zwar einerseits an der Spitze des Turmes (301 m über dem Boden), auf der mittleren Plattform (196 m) und der zweiten Plattform (123 m). Die gewonnenen Resultate wurden verglichen mit den Ablesungen der Pariser meteorologischen Anstalt und den Beobachtungen im Parke St. Maur.

August [8]:

Zeit	Paris. Bureau des meteor. Hofes	Parc Saint Maur	Eiffel II. Plattform	Eiffel, mittlere Plattform	Eiffel, Spitze
Mitternacht	16,15	14,77	16,04	16,05	15,63
1	15,61	14,29	15,49	15,58	15,18
2	15,26	13,79	15,12	15,19	14,92
3	14,88	13,37	14,67	14,82	14,63
4	14,63	13,03	14,31	14,52	14,39
5	**14,41**	**12,89**	**14,07**	**14,31**	**14,25**
6	14,62	13,55	14,28	14,33	14,36
7	15,65	15,17	14,92	14,59	14,56
8	17,15	17,00	15,91	15,29	14,95
9	18.56	18,70	17,30	16,32	15,80
10	19,65	19,98	18,29	17,30	16,53
11	20,72	20,79	19,20	18,22	17,52
Mittag	21,59	21,44	19,92	18,95	18,25
1	22,34	22,11	20,43	19,58	18,82
2	22,67	**22,31**	20,69	19,91	19,13
3	**22,84**	22,04	**20,95**	**20,22**	**19.38**
4	22,64	21,72	20,95	20,21	19,28
5	21,94	21,16	20,64	19,98	18,96
6	20,87	20,13	20,01	19,42	18,41
7	19,49	18,67	19,20	18,78	17,69
8	18,55	17,38	18,59	18,26	17,31
9	17,79	16,51	17,85	17,68	16,81
10	17,24	15,89	17,23	17,10	16,40
11	16,62	15,32	16,52	16,48	15,92
Differenz	8,43	10,15	6,88	5,91	5,13

Es zeigte sich, daß der Unterschied zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur von 8,43 im Hofe der Pariser meteorologischen Anstalt auf 5,13 an der Spitze des Turmes herabgeht. Noch größer wird der Unterschied wenn man die Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur, im Park St. Maur mit 10,15 gegen die Eiffelspitzendifferenz 5,13 vergleicht. Der Park St. Maur ist außerhalb der Stadt, der Rückstrahlung des Häusermeeres entrückt.

Auch die jährliche Amplitude ist in der Höhe wesentlich abgeschwächt z. B. am Sonnblick [9], verglichen mit niederen Orten seiner Umgebung.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Diff.
Sonnblick 3100 m	—12,8	—15,7	—12,4	—9,7	—3,9	—1,3	0,5	0,7	—2,4	—7,0	—8,4	—12,7	13,5
Kolm am Fuße des Sonnblick 1600 m	—5,4	—7,1	—3,0	1,2	7,1	10,3	11,3	11,1	7,3	1,6	—0,3	—4,6	18,4
Zell am See 760 m	—6,6	—5,1	—0,3	5,7	11,9	14,6	15,4	14,9	11,6	5,3	1,1	—4,5	22,0

Mißt man die jährliche Amplitude in noch größeren Höhen, was durch die Temperaturregistrierungen durch unbemannte Ballons in einer für unsere Zwecke ausreichenden Zahl der Fälle geschehen ist, so sinkt sie noch weiter ab [10] (vgl. Tabelle auf folgender Seite).

Zugleich tritt die interessante Erscheinung auf, daß in 10000 m Höhe nicht mehr der Winter, sondern der Frühling die niederste Temperatur hat, daß demnach die durch die Sonnenneigung verursachte geringste Erderwärmung stark verzögert zum Ausdrucke kommt.

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Amplitude
Sonnblick					
3100	—13	—8	0	—5	13
5000	—20	—20	—9	—13	11
10000	—52	—59	—45	—52	7

Alle diese Erscheinungen deuten darauf hin, daß der Temperaturgang der Luft an der Erdoberfläche von dieser selbst stark beeinflußt wird. Je mehr ein Punkt diesem Einflusse entrückt ist, desto geringere Amplituden weist er auf. Der tägliche Gang in der freien Atmosphäre weist eine Temperaturamplitude von kaum mehr als 1° C auf, ähnlich wie über den großen Ozeanen. Die großen Temperaturschwankungen sind lediglich den untersten Luftschichten über dem Festlande eigen. Daraus erhellt der Einfluß der Unterlage für die Wärmeverhältnisse der darauf lagernden Luftmasse. Eingehende Untersuchungen über das Verhalten verschiedener Bodenmaterialien verdanken wir Homén [11]. Dieser bestimmte in vielzitierten Versuchen den Wärmeumsatz verschiedener Bodenarten, Granit, Sandboden, Moorheide und fand, daß der Granitfels die meiste, Sandboden weniger und am wenigsten die Moorheide Wärme der Luft unmittelbar abgibt.

Im Sand- und noch mehr im Moorboden wird Wärme durch Wasserverdunstung gebunden, die allerdings bei der Kondensation, jedoch vom Orte der Einstrahlung entfernt, wieder frei wird.

Einen sehr wesentlichen Unterschied zeigt der feste Erdboden als Unterlage im Gegensatze zum Wasser, daß er verhältnismäßig rasch die Wärme wieder abstrahlt, eine Tatsache, welche eine Reihe von meteorologischen Erscheinungen auslöst und eine Hauptursache des schroffen Gegensatzes von Land- und Seeklima ist.

Während also der Boden im allgemeinen rasch Wärme aufnimmt und wieder rasch abstrahlt, sind die Vorgänge bei großen Wasserschichten, wie sie die Meere und auch die größeren Binnenseen darbieten, wesentlich anders. Die strahlende Wärme dringt tiefer in das Wasser ein, wobei die Bewegtheit neue noch unerwärmte Wasserteile an die Oberfläche bringt. Es verteilt sich die Energie auf große Massen, im Vergleiche zur geringen Mächtigkeit der an der Erwärmung anteilnehmenden Erdkruste, und die Temperaturzunahme kann im Wasser nur geringfügig sein. Bei der Abstrahlung der Wärme wird das große Wärmereservoir nur allmählich herangezogen. Zunächst kühlen die oberflächlichen Anteile ab; sofort werden sie als kälter von spezifisch leichteren, wärmeren Massen ersetzt und sowie zur Zeit der Wärmeeinnahme diese keine starke Erhöhung der Temperatur hervorbringt, ebenso kommt es durch Wärmeabgabe zu keiner exzessiven Abkühlung. Es stellt das Wasser einen überaus wirksamen Wärmeregulator dar. Dazu kommt noch, daß ein erheblicher Teil des Wassers bei der Wärmeaufnahme in Wasserdampf übergeführt wird und hierbei Wärme bindet. Der geringe Temperaturunterschied der Luft über dem Meere hängt daher auf das innigste mit den Wärmeverhältnissen der oberen Schichten des Wassers zusammen, deren Amplituden nur geringfügig sind.

So beträgt die mittlere Temperatur der Meeresoberfläche am Atlantischen Ozean:

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oktober	November	Dezember	Schwankung
35° nördliche Breite . .	17,4	16,7	17,0	17,5	18,7	20,6	22,7	24,0	23,2	22,0	19,7	18,4	7,3
45 „ „ . . .	12.8	12.2	12.7	13,2	14.5	16.4	18,3	19,5	18,6	16.7	15,2	13.7	7,3
60 „ „ . . .	6,9	6,6	6,6	7,4	8,4	10.2	11,8	12,4	11,9	10,5	8,9	7,7	5,8

Der Einfluß dieser ausgleichenden Wirkung des Meeres erstreckt sich weit landeinwärts von den Küsten, so daß man weiten Landesgebieten geradezu ein maritimes Klima zuschreiben kann. Mit zunehmender Entfernung vom Meere steigen die Temperaturamplituden, die Winter werden kälter und die Sommer heißer. Die beste Vorstellung gewährt die folgende Tabelle, in welcher die Januar-, Juli- und Jahrestemperatur eines Ortes unter dem 52° nördl. Br. von Westen nach Osten fortschreitend registriert sind, wobei eine Höhe von 100 m über dem Meere zugrunde gelegt ist [12].

Länge Greenwich	Valentia-Insel a. d. Westküste v. Irland 10,3° westl.	Westdeutschland 7,2° östl.	Warschau 21,0° östl.	Kursk 36,2°	Oremburg am Ural 55,1°	Westsibirien 80,2°	Größte Temperaturdifferenz
Januar .	6,8	1,1	—4,3	—9,9	—15,4	—17,5	24.3
Juli . .	14,6	17,3	18,5	19,3	21,6	22,6	8,0
Jahr . .	10,1	9,0	7,2	5,2	3,3	2,9	7,2
Schwankg.	7,8	16,2	22,8	29,2	37,0	40,1	32,3

Nicht nur die chemische Zusammensetzung der Unterlage, sondern auch die Form der Bodenfläche ändert den Gang der täglichen und jährlichen Temperaturschwankung. So verringert eine konvexe Oberfläche (Hügel, Berg) die Amplitude, während eine konkave (Mulde, Tal) dieselbe vergrößert. Zur Mittagszeit erwärmt sich die Luft im Tale auch an den Berghängen, in der Nacht sind die Täler Sammelbecken für die durch Strahlung erkaltete herabfließende Luft.

Andrerseits schafft jede Bodenerhebung Lagen, welche durch einen größeren oder andrerseits einen geringeren Bezug von Wärmestrahlen bevorzugt oder benachteiligt sind, wobei sowohl der gegen die Ebene veränderte Einfallswinkel der Sonnenstrahlen, als auch die Behinderung des Lichteinfalles durch Beschattung eine Rolle spielen kann. Die wertvollen Luftkurorte des Gebirges verdanken nur einer bevorzugten örtlichen Lage ihren berechtigten guten Ruf.

Im täglichen Temperaturgange unterscheiden wir ein Minimum, welches auf dem Festlande mit der Zeit des Sonnenaufganges zusammenfällt (z. B. Wüsten) oder derselben unmittelbar folgt (Vegetationsgebiete im Sommer) oder ein wenig vorausgeht (Vegetationsgebiete im Winter, über dem Ozean). Das Maximum folgt dem höchsten Sonnenstande und zwar nur wenig verzögert (Ozean) oder 1—3 Stunden später (Kontinent). Bei starker Erwärmung des Erdbodens, an heißen, heiteren Tagen verzögert sich das Maximum noch mehr. Die Amplitude ist überhaupt an trüben bewölkten Tagen, besonders im Winter, geringer als an sonnigen heiteren.

Auch im jährlichen Gange der Temperatur unterscheidet man Maxima und Minima, deren Eintrittszeiten von der Unterlage abhängig sind. In den gemäßigten Zonen fällt die niedrigste Temperatur auf dem Lande um die

Mitte des Januar, auf dem Ozean etwa ein und einhalb Monate später; ähnlich verspätet ist daselbst auch das Maximum, welches auf dem Lande Ende Juli einzutreten pflegt. — Die abgleichende Wirkung des Meeres als Wärmespeicher wurde bereits erwähnt und macht diese Verzögerung verständlich. Da das Wasser aber nur träge seine Wärme abgibt, tritt im täglichen Temperaturgange eine Verzögerung des Maximums und Minimums nicht in Erscheinung.

Die folgende Tabelle und das nach den Zahlen entworfene Diagramm veranschaulicht die Temperaturdifferenzen, welche sich im ozeanischen (Azoren), kontinentalen (Frankfurt a. M., Moskau), im exzessiv kontinentalen (Werchojansk) und im Höhenklima (Sonnblick) im Laufe eines Jahres ergeben.

Mittlere Monats- und Jahrestemperaturen.

	Valentia (West-Irland)	Frankfurt a. M.	Moskau	Werchojansk	Sonnblick
Geographische Breite	51° 54′	50° 7′	55° 50′	67° 34′	47° 3′
Längengrade Greenwich	10° 18′ W	8° 41′ E	37° 33′	133° 51′	12° 57′
Seehöhe in Meter	7	103	170	140	3106
Januar	7,3	0,0	— 11,0	— 51,0	— 13,0
Februar	7,3	2,0	— 9,6	— 45,3	— 13,6
März	7,5	4.8	— 4,8	— 32,5	— 12,1
April	9,0	9,7	3,4	— 13,7	— 8,5
Mai	11,2	14,1	12,0	2,0	— 4,2
Juni	13,6	17,8	15,2	12,3	— 1,5
Juli	14,7	19,3	18.6	15,5	1,3
August	15,0	18,4	15,7	10,1	0,9
September	13,6	15,0	10,4	2,5	— 1.4
Oktober	10,9	9,4	3,6	— 15,0	— 5,0
November	8,8	4,4	— 2,4	— 37,8	— 8,7
Dezember	7,2	0,9	— 8,2	— 47,0	— 12,2
Jahr	10,5	9,6	3,6	— 16,7	— 6,5
Differenzen	7,8	19,3	29,6	66,5	14,9

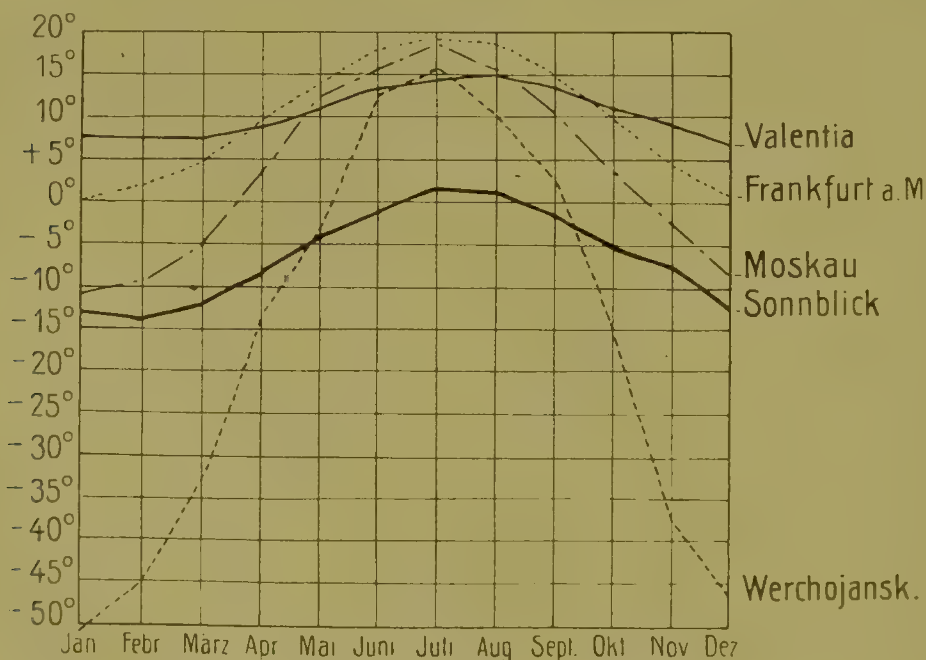


Fig. 21. Jährlicher Gang der Temperatur.

Isothermen und Isanomalen.

Die Kenntnis der Abnahme der Lufttemperatur mit der Größe der Erhebung über dem Erdboden gestattet es annähernd auszurechnen, welche Luftwärme an einem bestimmten Punkte herrschen würde, wenn er sich im Niveau des Meeres befände. Erst durch diese Reduzierung der gefundenen Werte gewinnt man vergleichbare Zahlen und damit ein Bild von der Wärmeverteilung auf der gesamten Erdoberfläche. Für die Reduktion empfiehlt sich aus theoretischen und praktischen Gründen eine gleichmäßige Wärmeabnahme von 0,5° C für 100 m Höhe anzunehmen. Verbindet man die auf diese Weise gewonnenen gleichen Zahlen auf einer Karte durch Linien, so erhält man die Isothermen und zwar für die Mittelzahlen des Jahres die Jahresisothermen, für jene der Monate die Monatsisothermen [13]. Unter Berücksichtigung der Höhenlage läßt sich aus diesen Linien für einen bestimmten Ort dessen Temperatur durch einfache Rechnung ermitteln. Will man z. B. für Innsbruck mit einer Höhe von 580 m über dem Meere die Temperatur ermitteln, so hat man von der Zahl, welche die Isotherme anzeigt, nach

$$100 : 0,5 = 580 : x$$

2,9° C abzuziehen.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, die wirkliche Temperatur eines Ortes zur Darstellung zu bringen, indem man die Thermometerangaben, ohne sie auf das Meeresniveau zu reduzieren, zur Konstruktion von Isothermen verwendete. Mit großer Mühe hat z. B. Sommer [14] solche Karten für das Jahr und die Monate Januar, April, Juli, Oktober für Deutschland entworfen. Da aber innerhalb der gleichen Klimagebiete die Temperaturen fast ausschließlich von der Höhenlage abhängen, so fallen die Isothermen mit den Isohypsen (Linien gleicher Höhe) zusammen und man erhält im wesentlichen nur eine Höhenschichtenkarte.

Wenn man die mittleren Jahrestemperaturen zur Konstruktion der Isothermen verwendet, so findet man, daß die Temperatur gegen beide Pole abnimmt. Der geographische Äquator deckt sich jedoch nicht genau mit dem thermischen, sondern liegt etwas südlicher. Es ist also die nördliche Halbkugel etwas wärmer als die südliche, was auch aus den für die einzelnen geographischen Breiten berechneten Mitteltemperaturen klar zum Ausdruck kommt [15].

Mitteltemperaturen der Breitegrade nach Spitaler.

Breite	Äquator	10	20	30	40	50	60
Nordhemisphäre .	25,9	26,4	25,6	20,3	14,0	5,8	—0,8
Südhemisphäre . .	25,9	25,0	22,7	18,5	11,8	5,9?	—2,0
Differenz	—	—1,4	—2,9	—1,8	—2,2	+0,1	—1,2

Die Abnahme der Wärme vom Äquator gegen die Pole ist durch die Kugelgestalt der Erde bedingt. Wäre letztere eine Scheibe, welche senkrecht zur Strahlenrichtung der Sonne gestellt ist, so müßten alle Teile der Erde, da man das von der Sonne kommende Strahlenbündel als parallel ansehen kann, gleichmäßig erwärmt werden. Die Kugelgestalt bedingt aber, daß am Äquator ein gleich großes Strahlenbündel auf eine kleine, am Pole dagegen auf eine große Fläche auffällt. Demnach wird die gleiche Energie-

menge im ersteren Falle eine größere, im letzteren dagegen eine geringere Erwärmung hervorbringen. Eine analoge Erscheinung ist die größere Erwärmung und Belichtung, welche die um die Mittagszeit hochstehende Sonne, gegenüber der am Horizonte befindlichen Morgen- und Abendsonne, hervorbringt.

Die Wärmeverteilung auf der Erdoberfläche ist während der einzelnen Jahreszeiten Schwankungen ausgesetzt, welche darauf zurückzuführen sind, daß die Äquatorialebene mit der Erdbahn einen Winkel von 32° 27′ bildet. Stünde die Achse, um welche die Erde sich um sich selbst dreht, senkrecht auf der Erdbahn, so wäre der Äquator immer der intensivst bestrahlte Teil, während die Pole überhaupt keine Sonnenstrahlen erhielten. Die Sonne stünde zur Mittagszeit stets und nur auf dem Äquator im Zenite. Tag und Nacht wären auf der ganzen Erde gleich lang. Die Neigung der Erdachse (Schiefe der Ekliptik) bedingt aber, daß ein halbes Jahr der eine Pol, das andere halbe Jahr der andere Pol ununterbrochen besonnt ist, daß ferner die mittleren Breiten während einer Jahreshälfte (Sommer) intensiver, während der anderen (Winter) weniger bestrahlt werden. Die Sonne steht am Äquator zweimal zur Mittagszeit im Zenite und zwar am 21. März und am 22. September, zu welcher Zeit an allen Punkten der Erde der Tag und die Nacht gleich lang sind. Diese Äquinoktien sind durch die Zeit eines halben Jahres voneinander geschieden.

Rückt die Erde auf ihrer Bahn weiter, so nehmen in unserem Frühjahre nach und nach alle Punkte bis zum Wendekreise des Krebses an diesem Zenitstande der Sonne zur Mittagszeit Anteil. Ist dieser Wendekreis erreicht (21. Juni, Sonnenwende), so findet eine entgegengesetzte Wanderung des Zenitstandes gegen den Äquator und nach dessen Überschreitung gegen den Wendekreis des Steinbocks statt, bis die rückläufige Bewegung vom 21. Dezember an einsetzt.

Es haben also nicht nur die Orte am Äquator, sondern alle Orte bis zu den Wendekreisen zweimal im Jahre den Zenitstand zur Mittagszeit. Die Zeiten zwischen den Sonnenhöchstständen rücken gegen die Wendekreise immer näher aneinander, um schließlich an den Wendekreisen völlig zusammenzufallen.

Gegen den Äquator gibt es im Jahre je zweimal wärmere und kältere Zeiten, erst von den Wendekreisen polwärts fallen diese zusammen, so daß von da an von Winter und Sommer gesprochen werden kann. Entsprechend der geographischen Breite unterscheidet man die tropische Zone bis zu den Wendekreisen $23\frac{1}{2}°$, die gemäßigte bis zum Polarkreise $66\frac{1}{2}°$ und eingeschlossen von den Polarkreisen die kalte Zone oder Polarzone.

Nicht so einfach liegen die Verhältnisse für die Erklärung der höheren Temperatur der nördlichen Halbkugel. Teilweise mag dies darin begründet sein, daß infolge der elliptischen Bewegung der Erde um die Sonne der unter dem Äquator gelegene Teil der Bahn rascher durchlaufen wird und das Sommerhalbjahr der nördlichen Hemisphäre um $6\frac{1}{2}$ Tage länger ist, als deren Winterhalbjahr. Sicherlich spielt aber auch die verschiedene Verteilung von Land und Meer eine Rolle. Die Südhalbkugel ist vorwiegend von den großen Wasserflächen der Ozeane bedeckt, die nördliche trägt die großen Kontinente. Ihre mittlere Sommertemperatur ist um 5° wärmer als jene der Südhalbkugel, während die mittlere Wintertemperatur um 2° kälter ist als jene der südlichen Hemisphäre. Also ist auch hier im größten Maß-

stab der Unterschied des kontinentalen und des marinen Klimas durch breitere Extreme gegeben. Durch die Gestalt der Kontinente und Inselreihen scheint auch der Transport des warmen Meerwassers nach der Nordhemisphäre begünstigt zu werden. Andererseits sind die nördlichen Polarmeere gegen die Ozeane abgeschlossener als die Polarmeere der Südhalbkugel, deren Polarregion im ungehinderten Wärmeaustausch mit ihren Meeren steht [16].

Die Temperaturabnahme gegen die Pole wird durch die Verteilung von Meer und Land beeinflußt. So findet man bei den Januarisothermen der nördlichen Halbkugel (Fig. 22), daß sich namentlich in den mittleren und höheren Breiten die Linien über den Kontinenten senken, über den Meeren dagegen erheben. Letzteres gilt besonders für die Nähe der Westküsten der Kontinente, welche demnach zu warm sind. Im allgemeinen sind im Winter die Ozeane

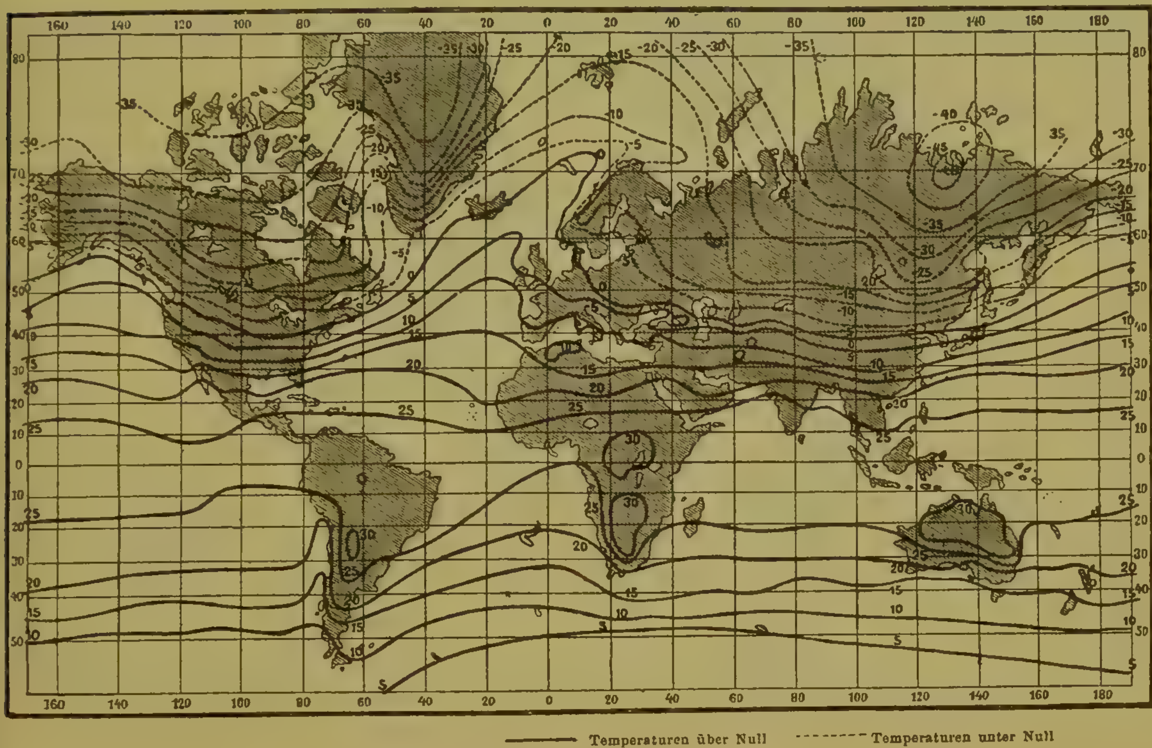


Fig. 22. Isothermen im Januar.

zu warme Teile der Erdoberfläche, die Binnenländer dagegen zu kalt, was auch durch die nordsibirische Kälteinsel zum Ausdrucke kommt. Die südliche Halbkugel, welche im Januar ihren Sommer hat, ist über den Kontinenten zu warm, so daß es z. B. im Innern von Südamerika, Südafrika und Australien zu Inseln erhöhter Temperatur kommt, während an der Westküste der Kontinente die Isothermen sich senken, so daß diese Teile zu kalt sind.

Bei den Juliisothermen (Fig. 23) ist auf der Nordhemisphäre (Sommer) der Einfluß der Kontinente geringer ausgebildet als im Januar. Ihr Verlauf ist vielfach jenem des Winters entgegengesetzt. Während dort die Scheitelpunkte an den Westküsten der Kontinente lagen, sind diese jetzt landeinwärts gerückt. Die Binnenländer sind wärmer, die Ozeane kälter. Es kommt zur Ausbildung von Wärmeinseln in Nordafrika, Südasien und dem südlichen Teile von Nordamerika ähnlich den Wärmeinseln im Januar auf der südlichen Hemisphäre. Letztere hat nun ihren Winter, der aber, da die Kontinente Australien und Afrika zwischen dem 35—40° südl. Br. und Südamerika unter

dem 50° südl. Br. endet auch nicht annähernd gleich tiefe Temperaturen aufweist, als die Nordhalbkugel in ihrer kalten Jahreszeit. Die Absenkung der Linien nach ihrem Eintritt in den westlichen Teil der Kontinente ist bei Südafrika und Südamerika ausgeprägt. Auch hier (Winter) sind, wenn auch im geringeren Maßstabe, die Ozeane wärmer als die Binnenländer.

Die beste Vorstellung von der Größe der Abweichung der beobachteten Temperatur von dem Mittelwerte des entsprechenden Breitekreises geben Karten, welche die Orte gleicher Anomalien verbinden. Solche „Isanomalen" hat zuerst Dove [17] konstruiert. Neuere Karten entwarfen Spitaler und Batchelder mit Zuhilfenahme des reichen Beobachtungsmateriales der neueren Autoren und der trefflichen Isothermenkarten von Hann und Buchan [18]. Im wesentlichen ersieht man aus der beigegebenen Karte der



Fig. 23. Isothermen des Juli.

Isanomalen des Jahres (Fig. 24) nach Precht (Trabert: Meteorologie und Klimatologie, Leipzig 1905), auf welcher die Orte, welche um die gleichen Temperaturgrade zu warm sind, mit ausgezogenen, jene welche zu kalt sind, mit punktierten Linien verbunden wurden, daß in den niederen Breiten im Jahresdurchschnitte das Land zu warm, das Meer zu kalt ist. In den höheren Breiten kehrt sich das Verhältnis um. Im ersteren Falle überwiegt die Einstrahlung der Sonne, wodurch das Land das thermische Übergewicht erhält. Gegen die Pole überwiegt die Ausstrahlung, weshalb das Land kälter ist. Es treten im größeren Zeitmaße dieselben Erscheinungen auf, die bei dem täglichen Temperaturgange von Meer und Land bereits besprochen worden sind.

Für die Kenntnis des Klimas eines Ortes ist in erster Linie seine mittlere Temperatur bezogen auf längere Zeiträume von Belang. Man erhält diese, indem man die mittlere Jahrestemperatur für eine Reihe von Jahren addiert und durch die Zahl der Jahre teilt. Da die Temperaturen der einzelnen Jahrgänge nach der geographischen Lage voneinander erheblicher oder nur

geringfügig abweichen, so hängt die zur Berechnung notwendige Anzahl der Jahre von der Größe dieser Schwankung ab, wenn man eine gleiche Genauigkeit erzielen will. Das gleichmäßige Äquatorialklima gestattet bereits durch Berücksichtigung zweier Jahrgänge eine Ermittlung, welche nur um etwa $^1/_{10}{}^0$ C ungenau ist, während zur Erzielung der gleichen Genauigkeit im mittleren Europa 40, im nordöstlichen Europa 60 Jahrgänge notwendig wären [19]. Das Jahresmittel sollte eigentlich aus dem Mittel aller Tage des Jahres gewonnen werden. Man ist jedoch übereingekommen, aus dem ohnedies für die Klimawertung notwendigen Monatsmitteln das Jahresmittel zu berechnen, wobei die ungleiche Monatslänge als belanglos vernachlässigt wird. Die Tagesmittel erhält man am genauesten, indem man die stündlichen Thermometerangaben durch 24 dividiert. Solche Ablesungen sind selbst-



Fig. 24. Isananomalen der Jahrestemperatur nach Precht.

redend dauernd nur durch Thermographen zu erhalten. Man kann aber auch durch eine geringe Zahl von Ablesungen zu zweckmäßig gewählten Zeiten Werte erhalten, die zwar nicht die mittlere Temperatur eines Tages, wohl aber bezogen auf einen längeren Zeitabschnitt, z. B. Monat, brauchbare Werte liefern. Die Mittelzahlen aus dem Temperaturmaximum und -minimum geben etwas zu hohe Werte. Eine sehr gute Mittelzahl liefern die Beobachtungen um 7^h morgens, 2^h nachmittags und 9^h abends, wenn man die Abendtemperatur zweimal nimmt und die Summe durch 4 dividiert

$$^1/_4\,(7\,\mathrm{a} + 2\,\mathrm{p} + 9\,\mathrm{p} + 9\,\mathrm{p}),$$

wobei a ante meridiem, p post meridiem bedeutet. Ebenfalls gute Kombinationen sind

$$^1/_4\,(7\,\mathrm{a} + 1\,\mathrm{p} + 9\,\mathrm{p} + 9\,\mathrm{p}) \quad \text{oder}$$

$$^1/_3\,(6\,\mathrm{a} + 2\,\mathrm{p} + 10\,\mathrm{p});$$

minder günstig sind

$$\frac{1}{4}(9a + 3p + 9p + \text{Min.})$$

(die Angaben des Minimumthermometers) englische Stationen, oder

$$\frac{1}{4}(9a + 9p + \text{Max.} + \text{Min.})$$

italienische Stationen [20].

Aus dem Vergleiche der Werte der Mitteltemperaturen des heißesten und kältesten Monats erhalten wir ein überaus wichtiges klimatisches Element, die mittlere Jahresschwankung. Sie gibt die Basis für die Einteilung der Klimate in exzessive oder extreme und gemäßigte oder limitierte. Nach dem früher geschilderten Verhalten des jährlichen Temperaturüberganges werden die geringsten mittleren Jahresschwankungen dem See-, die größten dem Kontinentalklima zukommen. Supan [21] konstruierte Linien, die Isotalantosen, welche Orte gleicher mittlerer Jahresamplitude miteinander verbinden und in sehr übersichtlicher Weise die Verhältnisse der Jahresschwankung zur Darstellung bringen. Supan bezeichnet ein Klima mit einer mittleren Jahresschwankung bis zu 15° C als Äquatorial- bzw. Seeklima, von 15—20° C als Übergangsklima, von 20—40° C als Landklima und über 40° C als exzessives Landklima.

Wenn man eine Reihe von Mittelwerten eines Abschnittes, Jahr, Monat gebildet hat, sieht man, daß diese voneinander nicht unerheblich abweichen, daß also z. B. in einem Jahre ein bestimmter Monat zu warm oder zu kalt gegenüber dem Mittelwerte dieses Monats war. Zieht man wieder aus diesen Abweichungen, die man ohne Rücksicht auf ihr Vorzeichen addiert und durch die Anzahl der Werte dividiert, das Mittel, so ergibt dies die mittlere Veränderlichkeit des betreffenden Monats, bzw. Jahres. Auch dieser Wert ist im Seeklima kleiner als im kontinentalen, z. B. für den Winter in England 1,41° C, für Nordrußland dagegen 3,43° C.

Vom hygienischen Standpunkte gebührt mehr Beachtung der Veränderlichkeit der Temperatur in geringen Zeiträumen, z. B. innerhalb eines Monats oder selbst von einem Tage zum anderen. Die erstere ist die unperiodische Monatsschwankung, welche am genauesten durch den Unterschied der extremen Angaben des Maximum- und Minimumthermometers ermittelt wird. Der Unterschied der gleichen Werte für ein Jahr gibt dann die unperiodische Jahresschwankung. Die Mittelwerte dieser Schwankungen bezogen auf eine Anzahl Jahre oder gleiche Monate lassen Werte für die mittleren unperiodischen Jahres- oder Monatsschwankungen auffinden. Wenn man die Temperaturdifferenzen von einem Tage zum andern für einen Zeitabschnitt, z. B. Monat, ermittelt und deren Mittelwert berechnet, erhält man die durchschnittliche Wärmedifferenz zweier aufeinanderfolgender Tage, die interdiurne Veränderlichkeit. Letztere Werte bezogen auf eine Anzahl Jahre geben die normale Veränderlichkeit der interdiurnen Tagestemperatur. Auch für bestimmte Stunden eines Tages, z. B. die ersten Nachmittagsstunden, läßt sich die Veränderlichkeit von Tag zu Tag zum Ausdruck bringen. Auch lassen sich die Angaben dahin ordnen, daß die Zahl der Tage z. B. für einen Monat angegeben wird, an denen die interdiurne Schwankung ein gewisses Temperaturintervall einhält oder überschreitet, z. B. unter 2° C bleibt oder zwischen 2—4°, 4—6° sich bewegt usw. Ein Klima mit geringer interdiurner Veränderlichkeit wird als thermisch konstant, mit beträchtlicher als veränderlich bezeichnet.

Die Veränderlichkeit steigt mit der geographischen Breite und ist im

kontinentalen Klima größer als im Seeklima; sie ist ferner im Winter größer als im Sommer und in Asien und Europa gegenüber der allgemein verbreiteten Meinung im April am kleinsten.

Eine gute Übersicht gibt die folgende Tabelle [22], welche anzeigt, an wieviel Tagen in einem Monate eine Temperaturänderung von der angegebenen Größe zu erwarten ist.

Temperaturänderung	2—4° C	4—6° C	6—8° C	8—10° C	10—12° C	12—14° C	14—16° C	16—18° C	18—20° C	20—22° C	Summe über 8° C
	Barnaul 53° 20′ nördl. Br. Westsibirien										
Winter	6,9	4,8	3,4	2,9	1,7	1,3	0,5	0,4	0,3	0,1	7,2
Sommer	9,1	2,9	—	0,1	0,1	—	—	—	—	—	0,2
	Wien und Leipzig 49½° Mitteleuropa										
Winter	8,4	2,6	0,9	0,3	0,05	—	—	—	—	—	0,35
Sommer	8,9	2,0	0,5	0,1	—	—	—	—	—	—	0,10
	Oxford 51° 8′ nördl. Br. Seeklima										
Winter	7,5	2,8	0,6	0,2	—	—	—	—	—	—	0,23
Sommer	7,3	0,7	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—

Der mittleren Veränderlichkeit der Temperatur von einem Tage zum andern scheint ein weitgehender Einfluß sowohl auf das Wachstum der Pflanzen als auch auf den Habitus und vielleicht sogar auf den Charakter der Bewohner innezuwohnen. Hann [23] machte darauf aufmerksam, daß die größere Temperaturvariabilität die Einwanderer von Nordamerika, Australien und Neuseeland umgestalte und Supan [24] sieht in dem Mangel an Veränderlichkeit geradezu den erschlaffenden Einfluß des Tropenklimas. Daß der Gang der Veränderlichkeit auf die Sterblichkeit Einfluß nimmt, hat Kremser [25] für Norddeutschland wahrscheinlich gemacht.

Hohe und niedere Temperaturen.

Die höchsten und niedrigsten Temperaturen an der Erdoberfläche weichen um mehr als 120° C voneinander ab. In der Oase Waryla in Algerien wurden am 17. Juli 1879 53° C, in Jakobabad im oberen Sind in Indien am 13. Juni 1897 52,2° C beobachtet [26]. Bei den höchsten Temperaturen ist es allerdings fraglich, ob wirklich Lufttemperaturen und nicht die Wärmestrahlung gemessen wurden. So wurden im heißen Sommer der südlichen Hemisphäre 1878/79 in Neusüdwales in Australien 45° und 47° C, in Gipsland (Victoria) an der Sonne 51,25° C erhoben. Auf seinen Reisen durch Afrika beobachtete Nachtigal „Schattentemperaturen" von 49,4° C [27]. Matlmann [28] fand im Jahre 1841 in der Oase Mursuk (Sahara) 56,2°, am Flusse Macquaire (Australien) 53,9° und in Arabien in Abu-Arich 52,5° C. Nach Robert [29] erhob sich die Temperatur an der Küste des Roten Meeres sogar bis auf 65° C (?).

Die niedrigsten Temperaturen bietet das nordöstliche Asien woselbst in der Gegend von Werchojansk Temperaturen von —70° registriert wurden.

Den höchsten Temperaturen, welche die Sonne hervorbringt, stehen die

Wärmegrade nahe, welche bei manchen gewerblichen Betrieben beobachtet werden. Stapf [30] stellte die Ergebnisse der Wärmemessungen in verschiedenen Räumen von Schiffen zusammen und berichtet u. a. von der Glattdeckkorvette Ariadne folgendes: Im November 1874 befand sich das Schiff im Roten Meere. Im Maschinenraume betrug die Temperatur 50° C, im Heizraume 67° C, im Kohlenraume 40° C. Im September 1876 betrugen in Port Said die analogen Zahlen 38°, 68° und 30°, im November 1874 in der Malagastraße im Maschinenraume 46°, im Heizraume 69° C.

Gegen diese Wärmegrade erscheinen die in Bergwerken und bei Tunnelbauten beobachteten Temperaturen geringfügig, obwohl in manchen Fällen die letzteren, wegen der durch die hohe Feuchtigkeit erschwerten Entwärmung bedenklicher sind [31]. Im Gotthardtunnel stieg die Wärme auf der Göschener Seite (nördlich) in einer Entfernung von 5310 m vom Portale auf 27,3° C, von 6500 m auf 28,5° C; auf der Südseite (Airolo-Seite) betrug die Wärme 4600 m vom Portale 30,6° C, 5900 m vom Portale 30,2° C [32]. Noch höheren Temperaturen begegnen wir im Bergwerkbetriebe. So auf der Grube Camphausen in der Grundstrecke eines Flözes bei 497 m Tiefe 32,8° C und in einem Querschlage daselbst bei 568 m Tiefe 34° C. In einem Schachte Sainte Henriette in Flenu in Belgien wurden in einer Tiefe von 1025 m 42° C gemessen [33]. Auf der ungarischen Grube Selmeczbanya, in welcher mit Ankylostomiasis behaftete Arbeiter waren, wurden Wärmegrade bis 46° C beschrieben [34].

Auch im Bäckereigewerbe sind, wie sich aus einer Umfrage in Hamburg ergab, Temperaturen von 35—40° C beobachtet worden [35].

Mangelhaft ventilierte Spinnsäle bieten wegen der in Wärme umgesetzten raschen Bewegung der Spindeln häufig belästigende Temperaturen. König und Böhmer erhoben in einer Baumwollspinnerei in Gronau in W. 32,5° C [36]. In französischen Leinenspinnereien fand Henrotte mittlere Temperaturen von 27—33° C [37]. Glasbläser stehen unter der Einwirkung der strahlenden Wärme der Schmelzöfen, welche so beträchtlich ist, daß Messungen am Arbeitsplatze Temperaturen von 60° C und mehr ergeben haben [38].

Auch die durch Kompression erwärmte Druckluft der Caissons weist sehr hohe Wärmegrade, nach Cézanne [39] bis 60° C auf.

Einfluß der Bebauung auf den Gang der Temperatur:

Stadttemperaturen.

Es ist eine bekannte Erfahrungstatsache, daß der Gang der Temperatur im Innern der Häusermasse großer Städte sich von jenem auf dem Lande nicht unwesentlich unterscheidet. Besonders auffallend ist es, daß an heißen Tagen der Abend keine Kühlung bringt, indem die erhitzten Mauern die tagsüber aufgenommene Wärme zurückstrahlen. Auf Grund thermometrischer Messungen machte Lamont [40] (München: Sternwarte und Stadt), namentlich aber Renon [41] (Observatorium in Paris und Umgebung) auf diesen Unterschied aufmerksam.

Eingehende Daten verdanken wir Hann [42], der in Graz die Reihen der Station des Herrn Rospini, welche sich in der alten inneren Stadt befindet, mit drei anderen Stationen in freier Lage verglich. Die „Stadttemperaturen“ waren bedeutend höher als die „Freilandtemperaturen“.

Mittlere Temperatur von Graz 1851—1880 [43].

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oktober	November	Dezember	Jahr
Graz (Stadt)	—2,1	0,1	4	9,9	14,3	18,2	19,8	19,1	15,3	10,2	3,2	—1,4	9,2
Graz (Land)	—3,5	—1,2	2,8	8,9	13,1	16,8	18,2	17,5	13,7	8,5	1,7	—2,7	7,8
Temperatur-Differenz von Stadt minus Land	1,4	1,3	1,2	1,0	1,2	1,4	1,6	1,6	1,6	1,7	1,5	1,3	1,4

Nach Jahreszeiten zusammengestellt erhält man dann:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Innere Stadt (Stadttemp.)	—1,1	9,4	19,8	9,4
Heinrichsgasse (Freiland)	—2,7	8.2	17,4	7,8
Differenz	1,6	1,2	1,6	1,6

Demnach ist die Stadttemperatur im Jahresdurchschnitt um nahezu 1½° C höher als die Landtemperatur.

Die größten Unterschiede weist der Oktober mit 1,7°, die kleinsten der April mit 1,0° C auf. In der Zusammenstellung der Unterschiede der Jahreszeiten erscheint das Frühjahr mit der geringsten Differenz von 1,2° C.

Derselbe Autor hatte schon früher für Wien den Unterschied der Temperatur der inneren Stadt (alte Sternwarte) und der damals von Gärten und Ackerland umgebenen 3,7 km vom Mittelpunkte der Stadt auf der sog. hohen Warte befindlichen Zentralanstalt für Meteorologie festgestellt und eine Differenz von 0,5° C erhoben. Die Monatsmittel der Stadtwerte waren mindestens um 0,2—0,3° C (Winter) und höchstens um 0,9° C (Sommer) höher [44].

Für Berlin liegen von Perlewitz [45] ähnliche Ergebnisse vor. Die Messungen beziehen sich auf zwei Außenstationen (Blankenberg 10 km nördlich, Heinersdorf 16 km südlich von Berlin) und drei Stadtstationen (landwirtschaftliche Hochschule Invalidenstraße, Weinbergsweg und Teltower Straße).

Stationen	Außenstationen		Innenstationen		
	Blankenberg	Heinersdorf	Invalidenstraße	Weinbergsweg	Teltower Straße
Januar . . .	— 3,5	— 3,5	— 2,7	— 2,6	— 2,4
Februar . .	— 2,6	— 2,3	— 1,8	— 1,6	— 1,3
März . . .	0,2	0,7	1,2	1.2	1,5
April . . .	7,8	7,8	8,4	8,5	8,7
Mai	17,5	17,8	18,8	18,7	19,2
Juni	19,7	19,9	21,2	21,1	21,7
Juli	16,9	17,4	18,0	18,1	18,3
August . . .	16,1	16,2	16,9	17,0	17,3
September .	11,1	11,4	12,2	12,3	12,6
Oktober . .	8,5	8,3	9,0	9,0	9,2
November .	3,5	3,0	4,0	4,1	4,2
Dezember . .	— 0,8	— 0,6	— 0,2	— 0,1	0,1
Jahr . . .	7,9	8,0	8,75	8,8	9,1

Auch hier fallen die kleinsten Unterschiede 0,4—0,6° C auf die kälteren Monate, die größten auf den Sommer und Frühherbst. Wenn man die Temperatur nach der Tageszeit zusammenstellt, ergibt sich, daß in der Stadt sich die Abkühlung verzögert, offenbar eine Verringerung der nachmittägigen Ausstrahlung. Diese Verzögerung ist so bedeutend, daß um 9h abends das freie Feld um 1,3° C im Durchschnitt kühler ist als die Stadt. Von da an schreitet die Abkühlung gleichmäßiger fort, da zur Zeit des Minimums die Differenz eher kleiner geworden ist.

Wenn auch die abgleichende Wirkung der Stadt einen zahlenmäßigen Ausdruck im Sinne des erwarteten Resultats gibt, so wird doch die Kleinheit des Unterschiedes auffallen. Während man auch nach heißen Sommertagen auf dem Lande leicht den erquickenden Schlaf findet, wird er in der Stadt durch die verringerte Wärmeabgabe an die durchwärmten Hausmauern und meist auch durch höheren Wasserdampfgehalt der Luft erschwert oder vereitelt. Es spielt also nicht die Lufttemperatur, sondern der gestörte Wärmeaustausch für unser Wärmegefühl die Hauptrolle.

Umgekehrt wie die Stadt verhält sich der Wald. Er verhindert die Entstehung hoher Lufttemperaturen, da durch die Beschattung sich der Waldboden weniger erwärmt als das Ackerland. Andrerseit wirkt die gesteigerte Wasserverdunstung durch die enormen Ausmaße der Blattflächen wärmeherabsetzend. Aber auch hier enttäuschen die Unterschiede der Lufttemperaturen. Aus dem Mittel zahlreicher Beobachtungen hat Ebermayer [46] eine Temperaturdifferenz von nur 0,78° C gefunden, welche an hochgelegenen Orten auf 1,12° C anstieg. Die Temperaturherabsetzung gilt für die Zeit der Vegetationsruhe nur wenig. Schubert [47] hat mit dem Aßmannschen Aspirationsthermometer einen Unterschied zwischen Buchenwald und Kieferwald gefunden.

Er beobachtete in einer Höhe von rund $1\frac{1}{2}$ m zwischen 2 und $2\frac{1}{2}$ h und fand die Temperatur

in den Monaten	im Kieferwalde	im Buchenwalde
Juni bis August	um 0,3° C	um 1,1° C
Oktober bis April	„ 0,03° C	„ 0,7° C

niedriger als auf dem benachbarten freien Felde.

Die Maxima der Differenzen waren im Hochsommer, die Minima im Winter.

Die Bestimmung der wahren Lufttemperatur, d. i. jener Temperatur, welche ein Thermometer bei Ausschluß jedes Strahlungseinflusses, also durch bloße Beeinflussung durch Wärmeleitung zeigen würde, ist schwierig, da in den meisten Fällen die Instrumente entweder strahlende Wärme aus ihrer Umgebung empfangen oder einen Verlust gegen die Umgebung oder den Himmel erleiden. In früherer Zeit suchte man die Schwierigkeiten durch die sog. Schleuderthermometer zu umgehen. Neuerdings verwendet man das Aspirationspsychrometer von Aßmann [48], welches, wie aus dem Namen erhellt, auch die Bestimmung der Feuchtigkeit ermöglicht.

Das Instrument (Fig. 25) besteht aus zwei genau gleichzeigenden Thermometern (n, n), deren Quecksilbergefäße in ein bogenförmig gestaltetes Metallstück hineinragen. Die Gefäße sind von je zwei, einander umschließenden, durch einen Luftraum getrennten, hochpolierten, dünnwandigen Metallrohren (bei c) umgeben. Um eine Wärmeüberleitung vom Körper des Instrumentes nach diesen Hüllrohren zu verhindern, sind diese durch zwei Elfenbeinringe (d), die Schraubengänge tragen, isoliert. Das bogenförmige Rohr vereinigt sich in ein längeres Mittelrohr, auf welchem die Haube t aufsitzt, die ein Federkraft-Laufwerk zum Antrieb des Aspirators r enthält. Der durch den Aspirator angesaugte konstante Luftstrom von 2,3 sec/m Geschwindigkeit wird bei den Quecksilbergefäßen vorbei-

geführt und tritt am Fuße der Haube durch die Schlitze ins Freie. (Ein brauchbarer Luftstrom läßt sich auch durch das Gebläße m erzeugen). Bei stärkerem Winde umgibt man den Aspiratorspalt mit der Windschutzvorrichtung k, welche man derart aufschiebt, daß ihr weiteres offenes Ende in der Richtung der austretenden Luft zu liegen kommt. Da

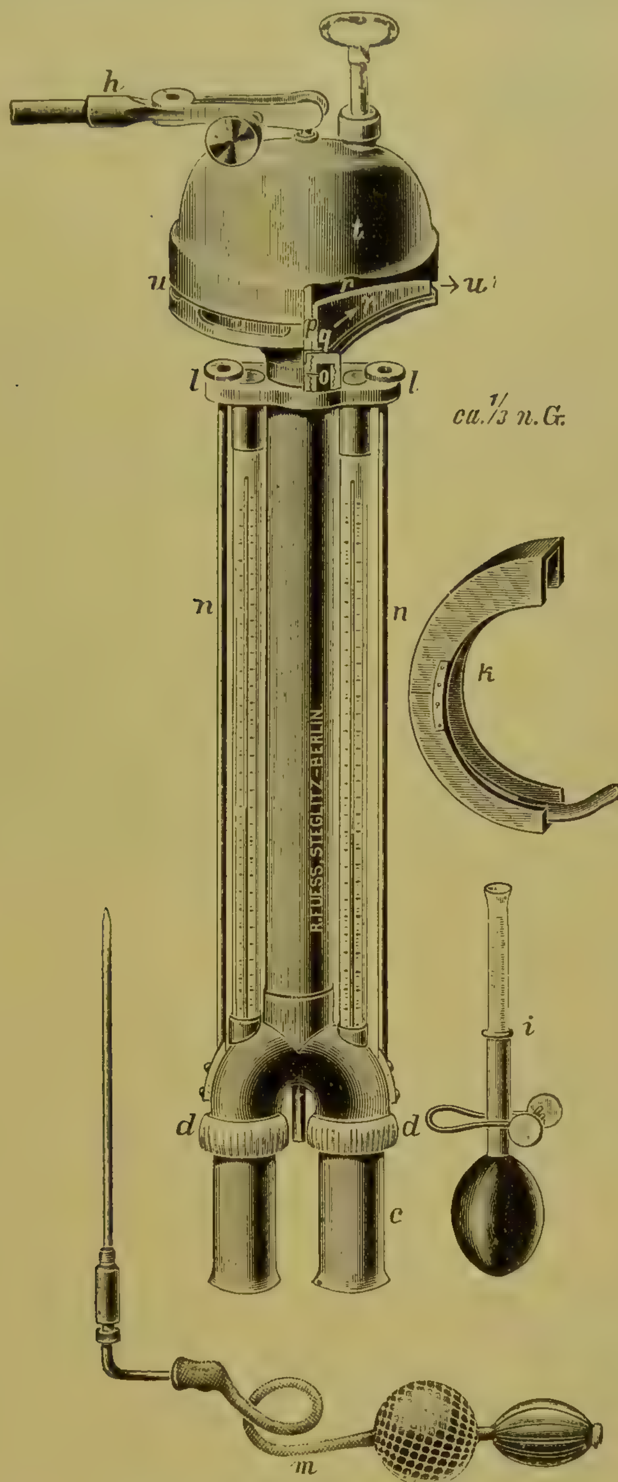


Fig. 25. Aspirationspsychrometer von Aßmann.

eines der Gefäße mittels einer dünnen, mit dem Ballon i zu befeuchtenden Musselinhülle umgeben ist, lassen sich die Angaben des trockenen und feuchten Thermometers zur Ermittlung der Dampfspannung verwenden, wobei sich nach Sprung [49] folgende Formel empfiehlt:

$$e = e' - 0{,}5\,(t - t_1)\,\frac{b}{755}.$$

In dieser Formel bedeutet e die gesuchte Dampfspannung, t die Temperatur des trockenen, t_1 jene des feuchten Thermometers, e' die der Temperatur t' entsprechende Maximalspannung des Wasserdampfes, b den bei der Beobachtung herrschenden Luftdruck.

Literatur:

1) Meteor. Ztschr. 1897, S. 151.
2) Die Leitfähigkeit für Steinsalz beträgt 0,0113, für Sandstein 0,006, für Tonschiefer 0,0019, vgl. zu diesen Angaben Kaysers Lehrb. d. allgem. Geologie, 2. Aufl., 1, 59.
3) Trabert, Meteorologie u. Klimatologie 1905, S. 21.
4) Svante Arrhenius, loc. cit. S. 523.
5) Sitzungsber. d. Wien. Akad. d. W. **97**, II, 1512.
6) Zit. nach Hergesell, Die Temperatur der freien Atmosphäre. Petermanns Mitt. **46**, 98, 1900.
7) Hann, Lehrb. d. Meteor., 1. Aufl., S. 61.
8) Ann. du Bureau central météor. de France 1894, I, Mémoires, B. 147.
9) Trabert, Temperatur und Sonnenschein auf dem Sonnblickgipfel. Denkschr. d. Kais. Akad. d. Wiss. **59**, 201.
10) Hergesell, loc. cit. S. 107. Größere Schwankungen findet Teisserenc de Bort bei Ballonfahrten, zit. bei Arrhenius, loc. cit. S. 587:

Höhe	0 Kilometer	Schwankung	16° C
„	3 „	„	13,4° C
„	5 „	„	13,2° C
„	10 „	„	9,0° C.

11) Homén, Der tägliche Wärmegang im Boden und die Wärmestrahlung zwischen Himmel und Erde. Leipzig 1897.
12) Hann, Handb. d. Klimatologie I. Bd., S. 133.
13) Isothermenkarten hat als erster Alex. v. Humboldt (1817) gezeichnet: Hellmanns Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus Nr. 8, Berlin 1897. Die ersten Monatsisothermen entwarf Dove (1848). Neuere Karten stammen von Hann, Atlas der Meteorologie 1887 in Berghaus' Physik. Atlas; ferner findet man in dem großen Atlas of Meteorol. Bartolomew Physical Atl. Vol. III ed. by Alex Buchan zahlreiche Isothermen für einzelne Monate und Länder der Erde. Edinburg 1899.
14) Inaug.-Diss. Freiburg i. B. 1906.
15) Vgl. Hann, Lehrb. d. Met., 2. Aufl., S. 114.
16) Vgl. Hann, Lehrb., 2. Aufl., S. 117.
17) Dove, Die Verbreitung der Wärme auf der Oberfläche der Erde. Erläutert durch Isothermen, thermische Isanomalien und Temperaturkurven. Berlin 1852.
18) loc. cit. ferner Spitaler, Die Wärmeverteilung auf der Erdoberfläche. Denkschr. d. Wien. Akad. d. Wissensch. math.-naturw. Kl. 1886, Bd. 51, ferner in Petermanns Mitteil. 1887. Batchelder, A new Series of isanomalous Temperature Charts based on Buchans Isothermal Charts im Americ. Meteor. Journ. 1894.
19) Hann, Handb. d. Klimatologie 3. Aufl. I. Bd. 1908, S. 20. Daselbst auch die einschläg. Literatur.
20) Hann, Lehrb. d. Meteor., 2. Aufl., S. 79.
21) Supan, Grundzüge d. physik. Erdkunde. 3. Aufl. 1903, S. 96 u. Karte VIII.
22) Hann, Lehrb. d. Meteor. 2. Aufl., S. 96.
23) Sitzb. d. Wr. Akad. d. Wiss. Bd. 71, II, 1875.
24) Grundzüge d. physik. Erdkunde 1903, 3. Aufl., S. 98.
25) Abh. d. preuß. Meteor. Inst. Bd. I, 1888.
26) Hann, Lehrb. 2. Aufl., S. 89.
27) Stapf in Arch. f. Anat. u. Physiol. Bd. 1879, Suppl. V, S. 74.
28) Repert. der Physik von Dove 1841, Bd. 4, S. 172, 173.
29) Klein, Allg. Witterungskunde, S. 27. Die letzten drei Zitate sind d. Handb. d. Hygiene von Pettenkofer entlehnt. Renk, Luft, S. 85.
30) Stapf, loc. cit. S. 72.
31) Vgl. Wolpert, Über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf den Arbeitenden, Arch. f. Hyg. Bd. 36, S. 213 und Wolpert, Über die Ausnutzung der körp. Arbeitskraft in hochwarmer Luft, ebda. S. 294. Rubner, Einfluß der Luftfeuchtigkeit bei hohen

Temperaturen in ihrem Einfluß auf den tierischen Organismus. Arch. f. Hyg. Bd. 16, S. 101.
32) Stapf, loc. cit. und Meißner, Hygiene d. Berg- u. Tunnelarbeiter; Weyl, Handb. d. Hyg. Bd. 8, S. 405 (Jena 1894).
33) Nasse, Der techn. Betrieb d. königl. Steinkohlengruben bei Saarbrücken, Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, Bd. 33, S. 279 u. Glück auf S. 379; 1894; zit. nach Meißner, loc. cit. S. 285 und 295.
34) Tóth, Rapport présente au Congr. international d'hygiène Bruxelles 1903, IV Sect. Hygiène industrielle et professionnelle, Compte rend. du congr. Tome V.
35) Zadek, Hygiene der Müller, Bäcker und Konditoren, Weyl, Handb. d. Hyg. Bd. 8, S. 580.
36) König und Böhmer, Beschaffenheit der Luft in Baumwollspinnereien, Arch. f. Hyg., Bd. 20, S. 297.
37) Compte rend. du Congrès internat. d'hygiène et de demographie 1903 Bruxelles, Tome V, Rapport prés. par M. le Dr. Buyse.
38) Layet, Hygiène des professions et des industries, Paris 1865, zit. nach Schaefer, Hygiene der Glasarbeiter und Spiegelbeleger. Weyl, Handb. d. Hyg. Bd. 8, S. 974.
39) Cézanne, Notice sur le pont de la Theiss et sur les fondations tubulaires. Annales des ponts et chaussées 1859, zit. nach Silberstern, Hygiene d. Arbeit in komprim. Luft. Handb. d. Hyg. von Weyl, I. Suppl.-Bd., S. 95.
40) Annal. d. Münch. Sternwarte, Bd. 3, S. 162, zit. nach Hann, Lehrb. d. Meteor. I. Aufl. S. 112.
41) Annuaire de la soc. Mét. de France Tome III, 79; Tome X, 105; Tome XVI, 83.
42) Meteor. Zeitschr. 1898, S. 394 und Sitzungsber. d. Wien. Akad. math.-naturw. Kl., Bd. 107, Abt. II. Febr. 1898.
43) Hann, Meteor. Zeitschr. 1898, S. 399, XV. Jahrg.
44) Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch., Bd. 76, 1877, S. 709.
45) Das Wetter, Bd. 7, S. 97.
46) Die phys. Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden, I. Bd., 1873, S. 84.
47) Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1899, Heft 2 und 1897, Heft 10.
48) Abh. d. königl. preuß. Meteor. Inst., Heft 5, 1888; ferner Klima in Handb. der Hyg. von Weyl, Bd. 1, S. 259, 1896 und Jelineks Anleitung z. Ausf. meteor. Beob., I. T., S. 49, 1905.
49) Jelinek, loc. cit. S. 65.

Luftdruck und Luftbewegung.

Der Luftdruck.

Die atmosphärische Luft übt, vornehmlich durch ihr Gewicht [1], auf den Stand einer Quecksilbersäule im luftleeren Raume (Torricelli) einen Druck aus, der als Luftdruck bezeichnet wird und die Summe aller Einzeldrucke der die atmosphärische Luft zusammensetzenden Körper ist. Nicht nur die Gase (Sauerstoff, Stickstoff, Wasserdampf, Kohlensäure, Ozon usw.) beteiligen sich mit ihren Partiärdrucken an der Größe des Luftdruckes. Auch tropfbar flüssige Substanzen, wie Wasserbläschen der Wolken und des Nebels, und selbst körperliche, wie Sand, Staub, üben einen allerdings praktisch belanglosen Einfluß auf den Stand des Barometers. Rechnet man mit Hann, daß eine schwere Haufenwolke von 1000 m Höhe im Kubikmeter 5 g Wassertröpfchen enthält, so vermehrt sie den Luftdruck erst um 0,4 mm.

Die Schwankungen des Luftdruckes sind für einen bestimmten Ort sehr geringfügig, so daß sie für die Klimabestimmung nicht in Betracht kommen.

Erwägt man, daß Luftdruckveränderungen um 20 mm in einem Tage schon zu den selteneren Ereignissen gehören, und daß wir uns der gleichen Schwankung aussetzen, wenn wir einen Hügel von rund 200 m besteigen oder um die gleiche Höhe talwärts wandern, so erkennt man die geringe physiologische Bedeutung der an einem Orte vorkommenden Barometerschwankungen. Selbst Jahresextreme erheben sich selten über 50 mm Quecksilberhöhe, entsprechend einem Berge von 500—600 m [2]. Während die natürlichen Luftdruckschwankungen an sich also für unser Wohlbefinden von nicht ersichtlicher Bedeutung sind, spielt der Luftdruck bei extremen Werten eine hervorragende Rolle.

Verminderung des Luftdruckes.

Im Meeresniveau beträgt der Luftdruck im Mittel 760 mm vertikale Quecksilbersäule. Erhebt man sich über dasselbe, so vermindert sich der Druck um das Gewicht der Luftsäule, welche sich unter dem erreichten Punkte befindet. Bei dem nicht unbeträchtlichen Gewichte der Luft der niederen Luftschichten ist diese Druckverminderung auf hohen Bergen eine sehr beträchtliche. Überboten wird sie durch jene geringen Luftdrucke, die bei den höchsten Aufstiegen der Luftballons erhoben werden.

Die Änderung des Luftdruckes mit der Höhe geht so regelmäßig vor sich, daß man denselben, wenn man die mittlere Lufttemperatur kennt, so genau berechnen kann [3], als dies zur Klimabestimmung irgendwie bedeutungsvoll ist.

Die Druckabnahme mit der Höhe unter Berücksichtigung einiger Temperaturen gibt die folgende Tabelle [4].

Seehöhe m	Temperatur im Meeresniveau 0°	5°	10°	15°	20°	25°	Luftdruckänderung pro 1° C	Höhenänderung pro 1 mm Druckdifferenz
	Mittlerer Luftdruck in mm							
0	762	762	762	762	762	762	0,00	10,5
500	716	716	717	718	719	720	0,16	11,1
1000	671	673	675	676	678	679	0,32	11,8
1500	630	632	634	636	639	641	0,44	12,5
2000	590	593	596	599	601	604	0,56	13,4
2500	553	556	559	563	566	569	0,67	14,2
3000	517	521	525	529	532	536	0,76	15,1
3500	484	488	492	497	501	505	0,84	16,1
4000	452	457	461	466	470	475	0,91	17,2
5000	394	399	404	410	415	420	1,02	19,6
6000	343	348	353	359	364	369	1,09	22,5

Aus der letzten Zahlenreihe geht hervor, daß der Luftdruck mit zunehmender Höhe langsamer sinkt, so daß für 1 mm Druckdifferenz bei 6000 m Höhe eine mehr als doppelt so große Meterzahl in der Vertikalen zurückgelegt werden muß, als in Meeresnähe. Dies hat seinen Grund darin, daß die Luft als Gas komprimierbar ist, so daß die unteren Luftschichten unter dem Drucke der auf ihnen lastenden oberen Luftschichten spezifisch schwerer sind. In Höhen über 6000 m nimmt der Luftdruck weiter ab. Er beträgt bei 10000 m rund 197, bei 15000 m 92, bei 20000 m rund 40, bei 30000 m rund 6, und bei 40 000 m 0,79 mm Quecksilbersäule. Daß noch in außerordentlichen Höhen von 200—300 km eine Atmosphäre, wenn auch von sehr geringer Dichte vorhanden ist, geht aus dem in diesen Höhen be-

obachteten Aufleuchten der Meteore, ferner aus der Höhe mancher Nordlichterscheinungen hervor. Für den Menschen kommen als Aufenthaltsort nur verhältnismäßig niedere Orte der Erdoberfläche in Betracht, wobei wesentlich neben dem geringen Luftdruck auch die niedere Temperatur und damit die Unkultivierbarkeit des Bodens die Anpassung erschweren dürfte. Einige dauernd bewohnte hochgelegene Orte bringt die folgende Tabelle [5].

	Höhe m	Luftdruck mm Hg
Mexiko	2270	586
St.-Bernhard-Hospiz	2478	564
Quito (Ecuador)	2850	549
Leh (Tibet)	3517	497
Meteor. Observatorium Pikes Peak (Colorado)	4300	451
San Vincente (Bolivia)	4580	436
Kloster Hanle (Tibet)	4610	433
Dala (Tibet)	4800	415
Thok Djalauk (Tibet)	4980	405

Die höchste meteorologische Station der Welt befindet sich auf dem Gipfel des Misti bei Arequipa in einer Höhe von 5850 m, entsprechend einem mittleren Luftdruck von 378 mm. Manche der genannten Orte sind große Ansiedelungen. So zählt die Stadt Mexiko (1902) 540478 Einwohner, Quito, die Hauptstadt Ecuadors, über 80000 Einwohner. In Höhen von 4000 bis 5000 m leben in Mexiko Indianer, welche gewerbsmäßig Schwefel aus dem Gipfelkrater des Popokatepetl holen und sich trefflicher Gesundheit erfreuen sollen. In den Anden befinden sich in Höhen von 4655 m bzw. 5042 m die Bergwerke Huancavelica und Villacota [6], die in- und ausländische Arbeiter bearbeiten. An der tibetanischen Seite des Himalaja reicht der Getreidebau bis 4600 m [7].

Vorübergehend drangen Menschen in noch beträchtlichere Höhen, einesteils bei der Besteigung hoher Berge, anderenteils bei Ballonfahrten.

So erreichte A. v. Humboldt die Höhe von 5800 m am 23. Juni 1802 gelegentlich der mit Bonpland ausgeführten Besteigung des Chimborazo, nicht ohne unter den Erscheinungen der Bergkrankheit schwer zu leiden. Im Jahre 1890 bestiegen H. Meyer und Purtscheller den Kilimandscharo (6100 m). Berühmt sind auch die Bergfahrten der Brüder Adolf und Robert v. Schlagintweit in Zentralasien in den Jahren 1854 bis 1858. Die größte Höhe betrug 6780 m an den Hängen des Ibi-Gamin-Kámet-Gebirges. Sie berichten vom Auftreten der Bergkrankheit in Höhen über 5000 m. Johnson erreichte die größte Höhe mit 6800 m im Ladacgebirge (Zentralasien), der englische Forscher W. W. Graham 1883 am Sikkim und Gurhwal Himalaja die Höhe von 7320 m (?), Bullok-Workman 7100 m im Nun-Kun-Himalaja.

Noch höher drangen kühne Ballonfahrer in das Luftmeer. Schon die ersten Auffahrten mit bemannten Ballons führten in ansehnliche Höhen. Der Physiker Charles erreichte 1783 mit dem nach ihm benannten Ballon Charlière die Höhe von 3400 m, wobei er heftige Schmerzen im Ohre gefühlt haben soll. Beträchtlich höher kam 1803 der Physiker Robertson, der von Hamburg aufsteigend die Höhe von 7170 m, entsprechend einem Luftdrucke von 317 mm Hg gewann. Auch der berühmte Physiker Gay-Lussac kam 1804 in eine Höhe von 7016 m. Wegen der außerordentlichen Höhe besonders bekannt, ist der Aufstieg des englischen Meteorologen Glaisher,

der am 5. September 1862 in eine maximale Höhe von 8838 m vordrang. Eine traurige Berühmtheit erlangte die Ballonfahrt des „Zenith“ am 15. April 1875, an welcher drei französische Gelehrte Sivel, Crocé-Spinelli und Tissandier teilnahmen, wobei die ersteren den Tod fanden. Bis zu einer Höhe von 8000 m konnte Tissandier noch die Instrumente ablesen, dann verlor er das Bewußtsein. Sivel und Crocé-Spinelli, welche durch Auswerfen von Ballast sich einer körperlichen Anstrengung unterzogen hatten, litten offenbar mehr und erwachten nicht mehr aus ihrer Ohnmacht, obwohl über Vorschlag Paul Berts die Einatmung von mit Sauerstoff stark angereicherter Luft vorgesehen worden war.

Die Ausbildung und Verbesserung der Methodik der Sauerstoffeinatmung machte es erst möglich, ungefährdet und bei vollem Bewußtsein noch größere Höhen zu erreichen, als dies die französischen Forscher um den Preis ihres Lebens vermocht hatten. So stieg Berson mit dem Ballon „Phönix“ des flugtechnischen Vereines in Berlin am 4. Dezember 1894 auf eine Höhe von rund 9150 m, wobei er sich, dank der Einatmung von Sauerstoff so wohl befand, daß er die korrigierte Meereshöhe seines Ballons unter Berücksichtigung der Temperatur im Kopfe auszurechnen imstande war. Der Luftdruck betrug nur mehr 231 mm Hg. Am 31. Juli 1901 erreichte Berson gemeinsam mit Süring sogar die Höhe von 10500 m mit einem Luftdruck von 202 mm und einer Temperatur von —40° C [7a].

Von wesentlich größeren Höhen geben uns unbemannte Ballons (Ballons sondes), die mit Registrierinstrumenten versehen sind, Aufschluß. Es gelang auf diese Weise aus Höhen von über 20000 m höchst wertvolle Angaben zu erhalten, die, vielfach noch unbearbeitet, der Meteorologie Aufschlüsse von größtem Werte liefern dürften.

Für das Leben des Menschen ist beim Aufenthalte in beträchtlicheren Höhen die Abnahme des Sauerstoffes das bedeutsamste Moment. Hierbei handelt es sich nicht um eine Änderung der prozentuarischen Zusammensetzung der Luft (vergl. die Kapitel über Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt der Luft), welche in den von Menschen bisher untersuchten Höhen stets gleich gefunden wurde [8], sondern um die durch den geringen Luftdruck verursachte Ausdehnung der Gase, welche zur Abnahme der absoluten Menge aller die Luft zusammensetzenden Gase, also auch des für den Gaswechsel bedeutsamsten Anteiles der Luft, des Sauerstoffes in der Volumeneinheit führen muß. Wenn also am Meeresspiegel der in einem Luftvolumen vorhandene Sauerstoff gleich 100 gesetzt wird, so sinkt dieser Wert in folgender Stufenreihe [9]:

Erhebung in m	Sauerstoffgehalt in Prozenten der Sauerstoffmenge am Meeresspiegel
0 (Meeresspiegel)	100
1000 über dem Meeresspiegel	88,2
2000 „ „ „	77,8
3000 „ „ „	68,7
4000 „ „ „	60,6
5000 „ „ „	53,5
6000 „ „ „	47,2
7000 „ „ „	41,1

Die Beziehungen zwischen Sauerstoffspannung und Luftdruck lassen sich auch in folgender Weise zum Ausdruck bringen:

Einem Barometerstande von

760 mm entspricht ein Sauerstoffpartiärdruck v. ca.	160 mm entsp.	21 Vol.-Proz.
525 „ „ „ „ „ „	110 „ „	15 „
470 „ „ „ „ „ „	100 „ „	13 „
355 „ „ „ „ „ „	75 „ „	10 „
240 „ „ „ „ „ „	50 „ „	7 „

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß von einer bestimmten Höhengrenze an der Mangel an Sauerstoff zu einer Anämie der Gewebe und speziell des Gehirnes führen muß, wodurch große Schwäche, Mattigkeit, Schwindel und schließlich Verlust des Bewußtseins verursacht wird. Der beste Beweis hierfür ist nach den übereinstimmenden Äußerungen der Ballonfahrer, welche beträchtliche Höhen überwanden, der belebende Einfluß des eingeatmeten Sauerstoffes.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, den für den Menschen noch ertragbaren Grad der Luftverdünnung zu ermitteln. Im Höhenklima sind die Verhältnisse sehr verwickelt, indem nicht nur der verminderte Luftdruck, sondern auch eine Reihe von noch undefinierten Reizen auf den Organismus einwirken. Wir verweisen hier auf das Kapitel Höhenklima.

Hier sollen zunächst Angaben Erwähnung finden, welche in der pneumatischen Kammer erhoben wurden und für den Menschen von Bedeutung sind.

Die Eindrücke bei der Luftverdünnung in der pneumatischen Kammer hat P. Bert [10] in anschaulicher Weise geschildert, die Steigerung der Pulszahl sowie die Unfähigkeit, bei niederen Drucken zu pfeifen und vieles andere erhoben. Bei einem Druck von 420—435 mm Hg zitterte sein Körper, Schwindel, Unvermögen die Hand zu beherrschen, trat ein. Die Erscheinungen schwanden, sobald er Sauerstoff einatmete. So anregend die Angaben P. Berts für die weitere Forschung waren, konnten spätere Forscher die schweren Störungen erst bei wesentlich niederen Drucken wahrnehmen.

Auch Schyrmunski [11] schildert die Allgemeinerscheinungen ähnlich wie Bert: Kopfschmerz, Mattigkeit, Schlafneigung, Cyanose an Gesicht und Lippen, ein Gefühl von Brennen in den Augen, bei erschwerter Fähigkeit, Gegenstände zu fixieren. Die Steigerung der Pulszahl konnte auch Liebig [12] erheben. Z. B. an sich: Barometer: 724, Puls: 61, Bar.: 429, Puls: 67; an Herrn L.: Bar.: 720, Puls 64, Bar.: 420, Puls 84. Eine weitere allgemein anerkannte Tatsache ist die Herabsetzung der Vitalkapazität, d. i. der maximalen, bei einer Exspiration ausstoßbaren Luftmenge. v. Vivenot [13] fand diese bei einem Luftdrucke von 433 mm um rund 10 Proz. gegenüber der Norm vermindert. Schyrmunski fand bei gleichem Drucke nur an 5 Proz. Abnahme, v. Liebig [14] 4—6 Proz. bei einer Druckerniedrigung von etwa 200 mm. Man wird nicht fehl gehen, wenn man die Ausdehnung der Darmgase, welche sich nur träge an den verminderten Luftdruck anpassen, und den hierdurch verursachten Hochstand des Zwerchfelles mit der verminderten Vitalkapazität in Zusammenhang bringt.

Am eingehendsten wurde der Einfluß verdünnter Luft auf die Atemmechanik und den Gaswechsel untersucht. Zum Verständnis der vielfach auseinandergehenden Angaben über die Grenze der Beeinflussung sei folgendes eingeschaltet [15]. Die Luft unserer Umgebung ist, wie schon unter

„Sauerstoff" ausgeführt, in ihrer Zusammensetzung nicht identisch mit der Luft, welche die Lungenbläschen erfüllt und daselbst die Oxydationsvorgänge bewirkt. Die eigentliche Atmosphäre, in der der Mensch lebt, ist demnach seine Alveolarluft. Mit abnehmendem Sauerstoffgehalte sinkt auch der Partiärdruck des Sauerstoffes in den Alveolen, jedoch nach Maßgabe der Sauerstoffaufnahme und der Lungenventilation. Aus der Zusammensetzung der Exspirationsluft, der Atemgröße und des schädlichen Raumes der Luftwege läßt sich die Zusammensetzung der Alveolarluft berechnen. Es erhellt demnach, daß diese Alveolarluft keine unter allen Verhältnissen konstante Abhängigkeit von der Atmosphäre besitzt und erst dann vergleichbare Resultate zu erwarten sind, wenn die Spannung der Alveolarluft und nicht die der umgebenden Atmosphäre als Grundlage genommen wird.

Nach den Versuchen von A. Loewy [16] und A. Loewy, J. Loewy und Zuntz [17] liegt die Grenze, die sich ohne Gefährdung des Lebens nicht unterschreiten läßt, etwas unter 35 und wenig über 30 mm Sauerstoffspannung der Alveolarluft, was einem Gehalt von rund 4,5 Proz. O im Meeresniveau entspricht. Unter der Annahme, daß die Frequenz der Atmung und die Größe der einzelnen Atemzüge dieselbe ist, wie bei gewöhnlichem Atmosphärendrucke, entspricht dies einer Höhe von 5000 m über dem Meere. Wenn die Tiefe der Atemzüge dabei wesentlich zunimmt und ihre Frequenz sich erhöht, wird den Alveolen mehr Luft und demnach mehr Sauerstoff zugeführt. Die Möglichkeit der Erhöhung dieser Leistungen hängt von der physischen Beschaffenheit (Zustand der Lungen, der Atemmuskulatur, des Herzens, Training) ab. Es ist daher begreiflich, daß kräftigere berggewandte Personen durch erhöhte Atmung über die Höhe von 5000 m gelangen können. Mosso [18] berichtet über die außerordentliche Anpassungsfähigkeit an den Höhenaufenthalt bei dem berühmten Bergführer Zurbriggen, der ihn selbst auf den Monte Rosa begleitet hatte und seinerzeit auch an der Expedition von Sir W. M. Conway im Himalaja als Führer teilnahm. Von Zurbriggen, der sich weder durch besondere Thoraxweite noch Vitalkapazität auszeichnete, schreibt Conway nach einem Ausfluge auf die Pioneer Peak, einem Gipfel von 6888 m Höhe: „Alle fühlten sich schwach und elend, wie Menschen, die eben das Krankenbett verlassen, nur Zurbriggen war imstande, eine Zigarre zu rauchen." Er befand sich sogar einigermaßen wohl in dieser Höhe, nur wenn er sich bewegte, empfand er wie alle anderen etwas Unwohlsein. Trotzdem glaubte er bei langsamem Vordringen noch weitere 2000 m überwinden zu können, so daß anzunehmen ist, daß ein widerstandsfähiger Mensch auch die höchsten Höhen der Erde werde betreten können.

Andererseits steigert Muskelarbeit den Sauerstoffverbrauch. Der Bestand des arbeitenden Organismus ist bei unzulänglicher Ventilation daher mehr gefährdet, je näher sich die Alveolarluft der kritischen Grenze von etwas über 30 mm Sauerstoffspannung befindet. Der Sauerstoffmehrverbrauch durch die Arbeit kann nur durch Zunahme der Atemgröße ausgeglichen werden.

Von diesem Gesichtspunkte aus ist es verständlich, daß von den drei Insassen der berühmten französischen Ballonfahrt die beiden Forscher, welche mit dem Auswerfen von Ballast beschäftigt waren, zugrunde gingen, während Tissandier, dem die Ablesung der Instrumente zugefallen war, sein Leben rettete. Der Wert der Einatmung von Sauerstoff wird verständlich, da die Sauerstoffspannung der Alveolarluft ansteigt, es wird anderer-

seits erklärlich, wie sehr die Überwindung extrem niedriger Luftdrucke von der Beschaffenheit des Individuums abhängt, andererseits folgt aus den Experimenten von Friedländer und Herter [19], die an Kaninchen Dyspnoe erst bei einem Sauerstoffpartiärdruck von 7 Proz., sicher noch nicht bei 12,7 Proz. auftreten sahen, ferner von v. Terray [20], der an Kaninchen und Hunden bis zu einem Sauerstoffgehalte von 10,5 Proz. keine auffälligen Erscheinungen wahrnahm, daß der Organismus relativ beträchtliche Erniedrigungen des Luftdruckes ohne wahrnehmbare Veränderungen erträgt und mit einer wesentlich geringeren Sauerstoffspannung der Atmosphäre das Auslangen finden könnte.

Schaltet man die Versuche aus, bei welchen Änderungen schon bei geringen Druckherabsetzungen zweifellos infolge unzulänglicher Versuchsanordnung (Kempner [21], Paul Bert [22]: Muskelbewegungen lebhafter Versuchstiere) gefunden werden, so läßt sich im allgemeinen sagen, daß die Herabsetzung des Sauerstoffdruckes auf etwa 3/4 der Norm entsprechend 15% O und einem Gesamtdruck von 550 mm Hg keine Änderung des Gaswechsels hervorbringt. Viele Individuen reagieren erst unter 12 Proz. Sauerstoff entsprechend ca. 450 mm Barometerstand, und vereinzelte Menschen erst bei 10, ja bei 7—8 Proz. O-Gehalt. Die Reaktionen äußern sich meist in einer erheblichen Steigerung der Atmung, wenigstens des unreduzierten Atemvolumens, einer Vermehrung des Sauerstoffverbrauches, und im pneumatischen Kabinette in einer den Sauerstoffverbrauch noch übertreffenden Kohlensäureausscheidung, so daß der Ausdruck für $\frac{CO_2}{O}$, der respiratorische Quotient eine Erhöhung erfährt. Über diese Veränderungen gibt die nachstehende Tabelle ein anschauliches Bild [23].

Barometerdruck mm Hg	Atemvolumen pro Min. ccm		ccm pro Minute			Bemerkungen
	beobachtet	reduziert	Sauerstoffverbrauch	Kohlensäureausscheidung	Respir.-Quotient	
750	5352	4867	221,81	166,94	0,754	Versuchsperson W. sitzend
580	5122	3689	210,43	160,98	0,764	
440	5610	2984	215,83	175,48	0,815	
750	6158	5357	270,02	196,88	0,741	Versuchsperson W. stehend
470	6218	3637	269,17	211,69	0,784	
415	8425	4307	286,00	253,71	0,887	
750	3940	3548	185,83	134,18	0,724	Versuchsperson A. L.
584	4435	3179	176,44	—	—	
435	4697	2513	211,20	161,62	0,765	
360	5562	2473	202,94	164,5	0,810	

In allen Fällen hat das auf den Normaldruck reduzierte Atemvolumen eine Erniedrigung, das unreduzierte eine Erhöhung erfahren; der Sauerstoffverbrauch stieg bei der Versuchsperson W. (sitzend) nicht an. In allen Fällen war der respiratorische Quotient erhöht. Im Höhenklima, bis 4560 m, wurde nie eine Steigerung des respiratorischen Quotienten nachgewiesen. Dieser blieb vielmehr stets konstant [23b].

Sinkt die alveolare Spannung unter 30 mm, so tritt der Tod ein. Bei der Sektion von Tieren, die durch mehrere Tage an der Grenze der kritischen Luftverdünnung gehalten worden waren, und dann erlagen, konnte Lewin-

stein stark ausgebildete fettige Degenerationen des Herzens, der Leber, der Nieren und des Zwerchfelles beobachten [24]. Ein Hindernis, selbst mit Hilfe von reinem Sauerstoff die niedrigsten Drucke zu überwinden, liegt in dem steigenden Anteile, den der Wasserdampf in der Alveolarluft bei sinkendem Barometerstande nimmt. Während er für den Normalbarometerstand etwa 6 Proz. desselben beträgt, steigt diese Größe für 420 mm Druck (Montblanc-Höhe) auf 11 Proz. und bei 180 mm Luftdruck, entsprechend 11 000 m, den höchsten im Luftballon erreichten Höhen (Berson und Süring [25]), auf 26 Proz. Die Grenze, welche der Mensch auch mit Sauerstoffatmung zu erreichen vermag, dürfte daher nur um weniges über 12000 m liegen. Will er in weitere Höhen vordringen, müßte er sich seine Luft mit geeignetem Drucke selbst mitbringen, indem er die Fahrt in einer verschlossenen Kammer unternimmt.

Erhöhung des Luftdruckes (Luftverdichtung).

Sowie der Luftdruck mit zunehmender Erhebung abnimmt, weil das Gewicht der auf einen bestimmten Punkt drückenden Luftsäule kleiner wird, ebenso erhöht er sich beim Eindringen in die Erde durch die Zunahme der Höhe der Luftsäule. Es stehen also die Arbeiter in Bergwerken unter einem höheren Luftdrucke, als ihre über Tag beschäftigten Kameraden. Da aber die bisher erreichte Tiefe von Gruben und Bohrlöchern verhältnismäßig geringfügig ist und es wegen technischer Schwierigkeiten und der zunehmenden Wärme auch bleiben wird, so spielt diese Luftdruckzunahme keine Rolle. In der Tat sind hierüber auch von seiten der Grubenärzte keine Angaben vorhanden [26].

Eine hygienische Bedeutung gewann der erhöhte Luftdruck erst, als Smeaton [27] die Taucherglocke mit einer Luftkompressionspumpe ausstattete und zu bautechnischen Arbeiten unter dem Wasserspiegel heranzog. Hierbei wird das Wasser durch die verdichtete Luft kontinuierlich aus der Glocke verdrängt, so daß die Arbeiter am Boden der Glocke Grabungen, Mauerungen in gleicher Weise wie in freier Luft ausführen können. Die Größe des Luftdruckes hängt von der Tiefe ab, in welcher die Glocke sich unter dem Wasserspiegel oder dem Grundwasser befindet. Da der Luftdruck in Meereshöhe einer Wassersäule von 10,3 m das Gleichgewicht hält, so steht die Glocke bei einer Tiefe von 10,3 m unter dem doppelten Atmosphärendrucke oder unter dem Überdrucke einer Atmosphäre, bei 20,6 m unter dem Überdrucke zweier Atmosphären usw. Auch in Bergwerken und Brunnen wird das Wasser durch Druckluft zurückgedrängt. Nach dem Verfahren von Triger [28] wird ein unten offener Hohlzylinder in den Boden eingeführt. Dem Arbeiter fällt es zu, am Grunde des Zylinders den Boden auszuheben, nachdem eine Druckpumpe die Luft so weit verdichtet hat, daß das Wasser zurückgedrängt wurde. Ähnlich können auch horizontale Stollen für Tunnels im wasserführenden Boden vorgetrieben werden. Die ausgedehnteste Verwendung fand aber die Druckluft für die sogenannte „pneumatische“ Fundierung von Bauten unter dem Wassergrunde (Schleusen, Wehren, Brückenpfeiler). Ein unten offener Kasten aus Eisen, der Senkkasten oder Caisson Fig. 26, auf dessen Decke Fundamentmauerwerk aufgeführt ist, wird bis zur Sohle des Wassers (Fluß, Meer) versenkt, oder wenn am Ufer auf nicht fundamentfester Unterlage Pfeiler errichtet werden sollen, an der Baustelle aufgestellt und so lange ohne Druckluft eingegraben, bis der Grundwasserspiegel erreicht ist. Ist

der Caisson unter Wasser, beginnt die eigentliche „Druckluftgründung“, indem eine Kompressionspumpe das Wasser aus dem Senkkasten verdrängt, wobei der Druckluftüberschuß am Rande des Caissons allenthalben in das umgebende Wasser oder den Untergrund austritt. Die Druckluft sorgt hier-

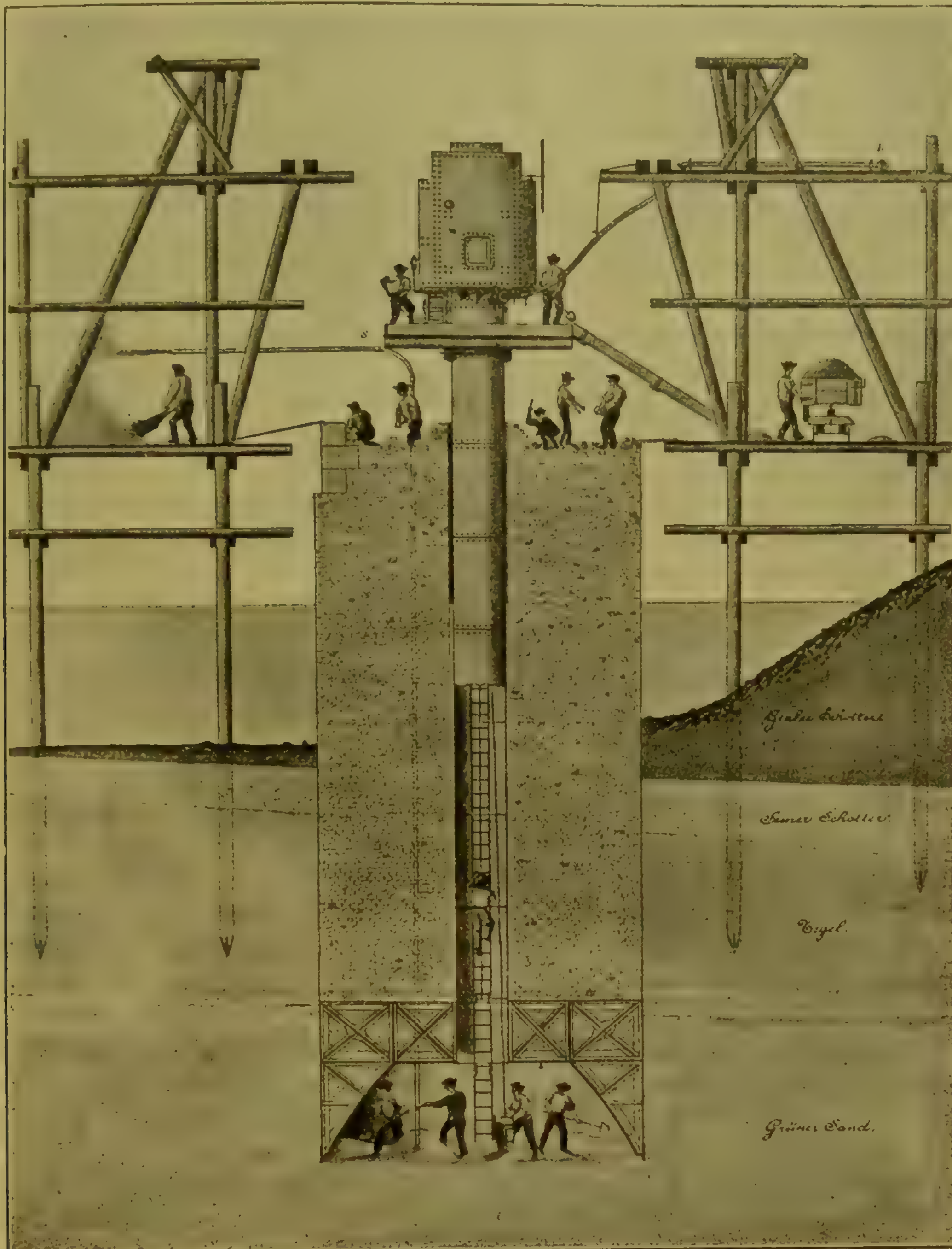


Fig. 26. Schnitt durch einen Caisson.

bei nicht allein für die Wasserverdrängung, sondern auch für die Lufterneuerung. Indem die Arbeiter den Grund im Caisson abgraben, sinkt dieses immer tiefer, während das auf dem Caisson aufgeführte Fundamentmauerwerk entsprechend erhöht wird. Dies dauert so lange, bis der Senkkasten eine feste Unterlage (Fels, Tegel) erreicht hat, welche die volle Gewähr für eine sichere Fundamentierung bietet und Unterwaschungen aus-

schließt. Um den Kasten, in welchem der hohe Luftdruck herrscht, betreten zu können, ist eine gesonderte Kammer (Vorkammer) notwendig, welche einerseits mit der äußeren Luft, andererseits mit dem Innern des Caissons durch eine kleine luftdicht schließende Türe und ein Ventil in Verbindung gebracht oder geschieden werden kann. Diese Kammer ist an der Decke des Senkkastens mittels eines zylindrischen Schaltstückes angeschlossen, welches mit dem Absinken des Caissons nach Bedarf verlängert wird. Will der Arbeiter in den Senkkasten eintreten, oder wie der fachtechnische Ausdruck lautet, sich einschleusen, so betritt er zunächst die Vorkammer, welche gegen den Caisson abgeschlossen ist, aber mit der äußeren Luft in Verbindung steht. Hierauf wird Ventil und Türöffnung gegen das Freie geschlossen und das Ventil gegen den Caisson geöffnet, worauf die Druckluft mit lautem Zischen in die Vorkammer so lange strömt, bis Druckgleichheit eingetreten ist. Dann läßt sich auch die Türe gegen den Caisson, welche bis dahin durch den inneren Überdruck angepreßt war, leicht öffnen und der Arbeiter steigt durch den zylindrischen Ansatz auf einer daselbst befindlichen Leiter in den Caisson. Soll der Arbeiter ausgeschleust werden, betritt er die Vorkammer, welche jetzt gegen den Caisson zu offen ist. Ventil und Einsteigöffnung gegen den Caisson wird nun geschlossen und die Außenluft so lange in die Vorkammer geleitet, bis der Atmosphärendruck erreicht ist, worauf sich die nach außen führende Türe mühelos öffnen läßt, während sie bis dahin durch den inneren Überdruck angepreßt war. Ähnlich wie der Arbeiter wird auch das geförderte beziehungsweise innen benötigte Material ein- und ausgeschleust.

Ist der Senkkasten auf festem Grunde angelangt, füllt man ihn und den Ansatzzylinder mit Beton vollständig aus. Der Senkkasten verbleibt also im Fundament des Bauwerkes. Dieser Umstand unterscheidet ihn von den sogenannten Caissons mobiles, welche von Schiffen oder schwimmenden Gerüsten auf den Wassergrund versenkt, jedoch nicht in den Untergrund eingelassen werden. Auch hier wird durch Druckluft das Wasser verdrängt und die Arbeit am Grunde des Kastens, z. B. Aufbau eines Fundamentes, vorgenommen. Mit dem Fortschreiten des Baues wird die Glocke allmählich in die Höhe gezogen. Schleusen vermitteln auch hier den Verkehr mit dem Inneren des Caissons.

Druckluft gelangt auch im Tauchergewerbe seit dem Beginne des 19. Jahrhunderts, und zwar zunächst bei den Taucherglocken, zur Verwendung. Ihre schwere Beweglichkeit führte zur Ausbildung der Taucheranzüge. Die ältere Type ist der sog. Scaphanderapparat (Schwimmkleid), welcher in England erfunden und bis 1865 allgemein im Gebrauche war. Der Taucher befindet sich in einem aus wasserdichtem Materiale (Kautschuk) hergestellten Anzuge, der an den Handgelenken fest anschließt, so daß die Hände zur Arbeit frei bleiben. Der Kopf steckt in einem Helm aus Metall, der an einigen Stellen Glasfenster besitzt. Bleiplatten und Bleischuhe belasten den Taucher. Die Luft wird durch eine Luftpumpe, die zur Abschwächung der Kolbenstöße mit einem Windkessel und zur Abkühlung der durch Kompression erhitzten Luft mit einer Kühlvorrichtung versehen ist, in einen Schlauch geleitet, der in den Taucherhelm mündet. Der Luftdruck richtet sich nach der Wassertiefe, welche an der Signalleine (Verbindungsleine zwischen Taucher und Pumpe) abgelesen werden kann und wird mit Hilfe eines mit der Pumpe verbundenen Manometers reguliert. Ein stärkerer Überdruck

kann durch einen Lufthahn vom Taucher beseitigt werden. Der Hauptnachteil der älteren Type besteht darin, daß die verbrauchte Luft in den Anzug ausgeatmet wird, und andererseits aus diesem wieder bezogen werden muß. Überdies sind diese Apparate noch dadurch gefährlich, daß der gesamte Luftvorrat sich auf die Luft des Anzuges beschränkt und demnach beim Bruche des Schlauches oder gar bei einer Verletzung des Anzuges der Arbeiter dem Ertrinkungstode kaum zu entgehen vermag.

Wesentlich verbessert wurde der Scaphander durch Rouquayrol und Denaygrouze, welche 1865 zwischen Pumpe und Lunge einen Regulator einschalteten, den der Taucher auf seinem Rücken mit sich trägt, ohne hierdurch bei der Arbeit belästigt zu werden. Der Regulator besteht aus dem mit der Luftpumpe in Verbindung stehenden Reservekasten und einem zweiten mit dem Atemschlauche in Verbindung stehenden Raume (Luftdosierungskammer). Sinkt bei der Einatmung der Luftdruck in der letzteren, so öffnet sich ein Ventil zum Reserveraume automatisch. Ebenso tritt Luft in die Dosierungskammer, wenn der Außendruck, also beim Tauchen in die Tiefe, ansteigt. Die Exspirationsluft entweicht durch ein Ventil in das Wasser, so daß durch das regelmäßige Aufsteigen der Luftblasen für die über Wasser befindliche Mannschaft eine Kontrolle für das Befinden des Tauchers gegeben ist [29].

Über die physiologischen Wirkungen verdichteter Luft haben insbesondere die Studien bei pneumatischen Fundierungen wertvolle Aufschlüsse gegeben. Es hat sich hierbei gezeigt, daß weniger der Aufenthalt in der Druckluft, als der Übergang zum höheren Luftdruck (Einschleusen der Caissonarbeiter, Tauchen in die Tiefe), sowie umgekehrt die Rückkehr zum atmosphärischen Luftdrucke zu Störungen des Befindens Anlaß gibt.

Bei steigendem Drucke ist die Einwirkung auf das Trommelfell die auffälligste Erscheinung. Da sich der äußere Druck mit dem im Mittelohre herrschenden nicht rasch ausgleicht, wird die Membrana tympani nach einwärts gebogen [30], was auch durch den Ohrenspiegel an den Veränderungen des Lichtreflexes nachgewiesen werden kann. Gleichzeitig zeigt das Trommelfell erhöhte Blutfüllung und nicht selten, insbesondere bei den rasch mit einem Steine beschwert in Tiefen von 30—40 m stürzenden Tauchern Blutungen [31]. Ohrensausen, schmerzhafte Druckempfindung und eine vorübergehende Verminderung der Hörschärfe tritt auf. Findet Druckausgleich statt, indem die Druckluft aus dem Rachen durch die Ohrtrompete in die Trommelhöhle eindringt, so verschwinden die Beschwerden [32]. Sehr erleichtert wird der Druckausgleich durch Schluckbewegungen oder noch verläßlicher, indem man bei zugeklemmter Nase und geschlossenem Munde Ausatmungsluft aus dem Rachen in die Trommelhöhle preßt (Valsalvascher Versuch). Durch langsamen Druckanstieg — nach Silberstein [33] ist für je $^1/_{10}$ Atmosphärendruck mindestens dreiviertel Minuten Einschleuszeit zu rechnen — lassen sich die Beschwerden vermeiden. Heller, Mager, v. Schrötter empfehlen sogar für $^1/_{10}$ Atmosphärendrucksteigerung $1^1/_2$ Minuten [34]. Während beim Aufenthalte in der Druckluft die Ohrenbeschwerden verschwinden, erscheinen sie wieder, jedoch in stark verminderter Weise bei der Dekompression. Es scheint beim Druckabfalle der Ausgleich der Luft durch die Ohrtrompete leichter vor sich zu gehen.

Während der Druckänderungen zeigt sich die Atmung in der Regel

leicht beschleunigt, beim Aufenthalte in komprimierter Luft tritt dagegen eine deutliche Verminderung der Atmungsfrequenz auf [35]. Du Bois Reymond [36] wies mittels Röntgenstrahlen nach, daß in der Druckluft das Zwerchfell tiefer steht und demnach das in der Lunge vorhandene Luftvolumen vermehrt ist. Nach v. Liebig [37] nimmt auch die Vitalkapazität zu, obwohl die in einer bestimmten Zeit geatmete Luftmenge etwas kleiner ist. Heller, Mager, v. Schrötter konnten dagegen eine Erhöhung der Vitalkapazität nicht als konstanten Befund erheben [38].

Unzweifelhaft ist die Tatsache, daß in verdichteter Luft das Pfeifen unmöglich ist, wohl deshalb, weil hierfür eine mit der Drucksteigerung proportional vermehrte Ausströmungsgeschwindigkeit notwendig ist, welche schwierig aufgebracht werden kann [39]. Auch die Stimme ändert sich, wie Triger und andere berichten und bekommt eine näselnde, bei höherem Drucke metallische Klangfarbe [40, 41]. Die Phonation ist mit größerer Anstrengung verbunden, so daß für gewöhnliches Sprechen die gleiche Kraft erforderlich ist, wie für Schreien bei gewöhnlichem Luftdrucke [42].

Auf den Puls äußert die Druckluft, wie schon Tabarié [43] gefunden hatte, ihren Einfluß in einer Herabsetzung der Zahl der Schläge um 10—20 pro Minute. Auch die neueren Autoren Heller, Mager, v. Schrötter [44] fanden eine Verminderung von minimal 2, maximal 32, im Mittel 14,6 Schlägen pro Minute. Bei der Rückkehr zum normalen Luftdrucke steigt die Pulszahl auf ihre ursprünglichen Werte, oder übertrifft dieselben um ein weniges.

Der Pulsrhythmus wird durch den erhöhten Druck nicht geändert; auch die Amplitude zeigt in der Zeit konstanten Überdruckes sowie während der Dekompression keine Veränderung; wohl aber pflegt die Amplitude gleich nach der Dekompression kleiner zu werden [45]. Der Blutdruck zeigt während der Kompression keine Änderung oder ein geringes Absinken; während der Dekompression kann ebenfalls jede Änderung unterbleiben oder ein geringes Ansteigen beobachtet werden [46].

Die ältere Ansicht suchte die Schädigungen der Druckluft in einer Veränderung der Blutverteilung im Körper. Bei der Druckzunahme sollte das Blut aus der Haut und den Schleimhäuten in die inneren Organe gedrängt werden, bei der Dekompression sollte der umgekehrte Vorgang stattfinden, der bei der Heftigkeit dieser Strömung selbst zu Zerreißungen der Blutgefäße führen könne. Abgesehen davon, daß, wie v. Gruber hervorhebt, weder bei der Druckzunahme noch bei der Abnahme irgendwelche Veränderungen in der Füllung der Hautgefäße wahrnehmbar sind, ist die Annahme der erwähnten veränderten Blutverteilung auch auf einer unrichtigen physikalischen Vorstellung basiert. „In einer teils flüssigen, teils halbflüssigen Masse, wie der menschliche Körper, muß sich der Druck in wenigen Augenblicken bis ins Innerste fortpflanzen, so daß also sofort überall Druckgleichgewicht hergestellt wird, und, da das Blut als Flüssigkeit inkompressibel ist, der Blutkreislauf völlig ungestört vor sich gehen muß [47]" (v. Gruber). Die Ursache der Störungen liegt vielmehr in dem Freiwerden der Blutgase nach der Dekompression. Schon Boyle und van Musschenbroeck [48] hatten im 17. Jahrhundert bei Tieren das Freiwerden von Gasblasen aus dem Blute beobachtet und an eine hierdurch bedingte Verstopfung der Gefäße durch das Gas gedacht. Hoppe-Seyler [49] hatte beobachtet, daß aus dem Blute von Tieren bei rascher Luftverdünnung Gase freiwerden,

und zwar in jenen Gefäßen zuerst, in denen der niedrigste Druck herrscht, also in den großen Venenstämmen und im rechten Vorhofe.

Als dieser Forscher von Erkrankungen bei Leuten, die in komprimierter Luft gearbeitet hatten, Nachricht bekam, schloß er sogleich, daß das Freiwerden der Blutgase die Ursache dieser Erkrankungen war. Folgerichtig erdachte er die noch heute angewendete Rekompression als therapeutische Maßregel, die in dem möglichst raschen Zurückbringen des Erkrankten in die Druckluft besteht. Die Richtigkeit der Annahme Hoppe-Seylers wurde durch zahlreiche Experimente von Paul Bert [50] bestätigt und gezeigt, daß das in den Blutgefäßen sich ansammelnde Gas im wesentlichen Stickstoff ist. So fand P. Bert [51] bei einem Hunde, der durch 1 Stunde bei 10 Atm. geweilt hatte und innerhalb 3 Minuten ausgeschleust wurde, in dem freigemachten Gase des rechten Herzens einen Gehalt von 79,2 Proz. Stickstoff, 20,8 Proz. Kohlensäure, und nur Spuren von Sauerstoff. Die Menge des Gases betrug 33,9 cm^3. Ähnliche Analysen von frei im Blute befindlichen

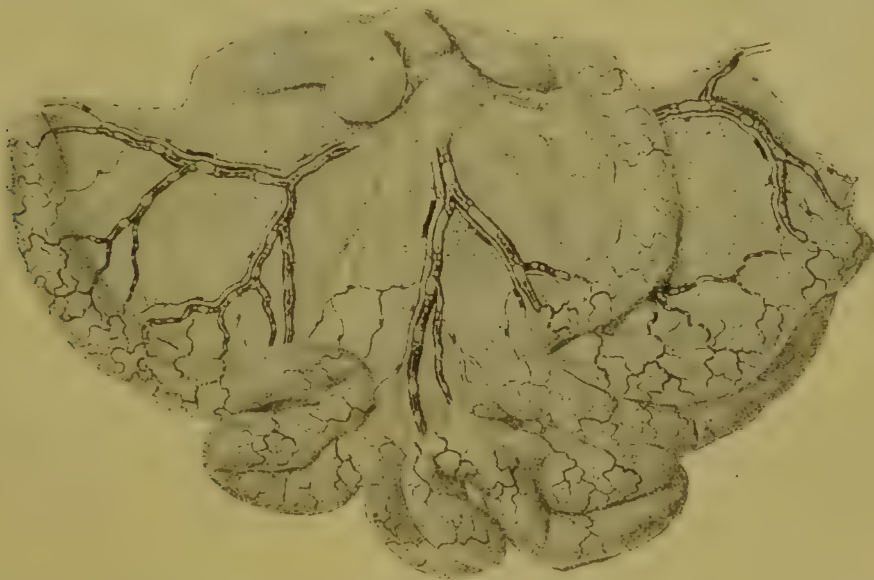


Fig. 27. Gasblasen in den Mesenterialgefäßen eines Hundes nach forcierter Luftdruckentlastung.

Gasen machte R. v. Zeynek anläßlich der Versuche von Heller, Mager, v. Schrötter [52] (Fig. 27). Auch beim Menschen wurden freie Gasblasen gefunden. v. Wenusch [53] fand sie bei der Sektion eines Tauchers perlschnurartig durch die Wandung der mittleren und kleinsten Gefäße schimmernd, während die Vorhöfe schaumiges Blut erfüllte.

Die Übersättigung des Blutes mit Gasen tritt um so eher nnd vollständiger ein, je stärker die Kompression war und je länger der Aufenthalt in der Druckluft dauerte. Überdrucke, die nicht wesentlich über 1 Atm. betragen, sowie Taucharbeiten in Tiefen von weniger als 10 m, gelten auch bei rascher Druckentlastung nicht als gefährlich. Andererseits sahen Heller, Mager und v. Schrötter [54] selbst bei 2,5 Atm. Überdruck und rascher Ausschleusung keine üblen Folgen, wenn der Aufenthalt in der Druckluft nur kurze Zeit gedauert hatte. Das wichtigste Mittel, die gefährlichen Folgen zu vermeiden, besteht in dem langsamen Übergange zum normalen Luftdrucke, wobei die angesammelten Gase aus den Kapillaren der Lunge, des Darmes und vielleicht auch der Haut durch Diffusion entfernt werden

können. Über die Zeitdauer, welche zur Druckentlastung notwendig ist, gehen die Ansichten auseinander. Für je 0,1 Atm. verlangen Silberstern [55] je 1½, Heller, Mager, v. Schrötter [56] je 2 Minuten. P. Bert [57] verlangte für 2—3 Atm. Überdruck 30 Minuten, für 3—4 Atm. 60 Minuten, Gruber [58] für 2,7 Atm. anläßlich der Fundierungsarbeiten in Nußdorf bei Wien 30 Minuten.

Steigt der Druck über 5 Atm., so droht durch den Sauerstoff dem Organismus eine schwere Gefahr, die in der von P. Bert ausgesprochenen Toxizität des gespannten Sauerstoffes [59] ihren Grund hat. Reiner Sauerstoff wirkt schon bei 3—4 Atm. Druck rasch tödlich. Ebenso tötet schnell unter Abnahme des respiratorischen Stoffwechsels, Sinken der Temperatur und Konvulsionen die atmosphärische Luft mit einer Spannung von 15—20 Atm. Diese giftige Eigenschaft des Sauerstoffes ist Tieren und Pflanzen gemein — Bakterien werden nach Berghaus [60] allerdings wenig beeinflußt —, ohne daß es bisher gelungen wäre, den Grund der Giftwirkung aufzuklären. v. Brennecke hat daher vorgeschlagen, in jenen Fällen, in denen die pneumatische Fundierung in größere Tiefen als 50 m unter dem Wasserspiegel zwingt, der Caissonluft einen Teil des Sauerstoffes zu entziehen [61].

Unter höherem Luftdrucke wurde der Gaswechsel mehrfach untersucht. Die ältere Literatur hat Jaquet [62] besprochen und ihre nicht einwandfreie Methodik hervorgehoben. Loewy [63] untersuchte nach Zuntz-Geppert [64] den Gaswechsel bei Hund und Mensch im pneumatischen Kabinette bei 1½—2 Atm. Die Differenzen im Umsatze sind so gering, daß der Schluß erlaubt ist, daß keine Änderung durch Luftkompression hervorgerufen wird.

Ebenso negativ waren die Zählungen der roten Blutkörperchen, die Bestimmung des Hämoglobingehalts und des spezifischen Gewichts des Blutes auch dann, wenn Leute untersucht wurden, die durch drei Monate in Preßluft gearbeitet hatten.

Über die vielgestaltigen pathologischen Erscheinungen der Taucher und Caissonerkrankungen siehe Gewerbehygiene.

Die Veränderungen des Luftdruckes als Ursache der Luftbewegung in der Atmosphäre.

Die Luftdruckänderungen an ein und demselben Orte unter natürlichen Verhältnissen haben, wie oben [S. 440] ausgeführt, an sich keine ersichtliche hygienische Bedeutung. Dagegen ist der Luftdruck oder richtiger die Verteilung des Luftdruckes für den Zustand der Atmosphäre, „das Wetter", ausschlaggebend. Dieser Einfluß ist so groß, daß sich das ganze Problem der Wettervorhersage auf die Frage nach der zu erwartenden Luftdruckverteilung reduziert.

Um aus den an verschiedenen Punkten der Erde beobachteten Barometerständen ein übersichtliches Bild der Druckverteilung zu erhalten, verbindet man die Punkte gleicher Barometerstände nach ihrer Reduktion auf Meereshöhe und Null Grade Temperatur miteinander und erhält so Linien gleichen Druckes, die Isobaren, welche in den von den großen meteorologischen Anstalten täglich herausgegebenen Wetterkarten eingetragen sind. Eine vieljährige Erfahrung hat gezeigt, daß diese Isobarenlinien den wichtigsten Faktor für die Wetterprognose darstellen. Verwendet man nicht die Barometerstände eines bestimmten Tages, sondern die Mittelwerte eines

größeren Zeitraumes (Monat, Jahr) zur Konstruktion der Isobaren, so erhält man eine Vorstellung über die mittlere Luftdruckverteilung in diesem Zeitraume. Für den Januar und Juli ergibt sich dann folgendes.

Januar: (Fig. 28) In der Gegend des Äquators befindet sich ein breites Band niederen Luftdruckes mit einem Minimum über Nordaustralien. In beiden Hemisphären nimmt polwärts der Druck zu, um bei ca. 30⁰ besonders in der südlichen Hemisphäre über den Ozeanen inselförmige Maxima auszubilden. Auf der südlichen Hemisphäre nimmt dann der Druck rasch ziemlich gleichmäßig ab. Die nördliche Hemisphäre, welche im Januar, im Gegensatze zur südlichen, Winter hat, läßt infolge der mächtigeren Entwicklung des Festlandes den Einfluß von Meer und Land über den Wendekreisen stark hervortreten. Ein besonders hohes Druckgebiet hat sich über dem asiatischen Kontinent ausgebildet; ein zweites, jedoch niedrigeres Druckgebiet bedeckt Nordamerika. Zwischen den Kontinenten ist über dem Atlantischen und Stillen Ozean ein Gebiet niedrigen Druckes.

Juli: (Fig. 29) Der äquatoriale Gürtel zeigt annähernd 760 mm Hg. Nach Süden (Winter) steigt der Druck bis etwa zum 30. Grad geographischer Breite, und zwar sowohl über dem



Fig. 28. Isobaren und Winde im Januar.

Meere als über Australien, woselbst die kalte Jahreszeit herrscht. Polarwärts fällt ähnlich wie im Januar der Druck anscheinend kontinuierlich ab. Auf der nördlichen Hemisphäre ist ein Gebiet niederen Luftdruckes im südlichen Asien. Auch in Nordamerika, und zwar in Südkalifornien, ist ein kleines Gebiet niederen Druckes. Dagegen herrscht über dem Atlantischen und Stillen Ozean hoher Luftdruck in 30—40⁰ geographischer Breite. Polwärts nimmt auf dem Atlantischen Ozean der Druck bei 60—70⁰ nördlicher Breite ab, um erst gleich wie über Asien in den höchsten Breitengraden zuzunehmen.

Aus dem Vergleiche der Isothermen mit den Isobaren ergibt sich ein, wenn auch nicht allein ausschlaggebendes, so doch unverkennbares Abhängigkeitsverhältnis beider Linien. Der hohe Luftdruck über den Kontinenten im Winter entspricht den Orten niedrigster Wärme, die Gürtel niedrigen Luftdruckes um den Äquator den Stellen höchster Erwärmung. Die hohe Temperatur des südlichen Asiens im Sommer findet in dem barometrischen Minimum daselbst ihren Ausdruck.

Für den Zusammenhang von Luftdruck und Temperatur geben die physikalischen Verhältnisse eine befriedigende Erklärung. Findet an einem

Teile der Erdoberfläche eine Erwärmung statt, so geht mit ihr eine Ausdehnung der spezifisch leichter werdenden Luft einher.

Zum besseren Verständnis wollen wir, Hann folgend, uns die Luft in eine Anzahl paralleler Schichten zerlegen und dann annehmen, daß (Fig. 30) im Punkte C der Erdoberfläche A, A′ die größte Erwärmung eingetreten sei.



Fig. 29. Isobaren und Winde im Juli.

Hierdurch bildet sich eine Störung des Gleichgewichtes der parallelen (durch die punktierten Linien ausgedrückten) Schichten in der Weise aus,

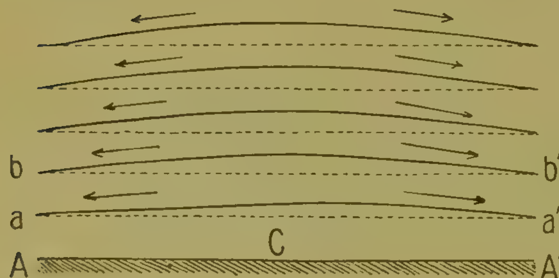


Fig. 30. Verhalten der Luftschichten über Orten hoher Erwärmung (Beginn der Störung).

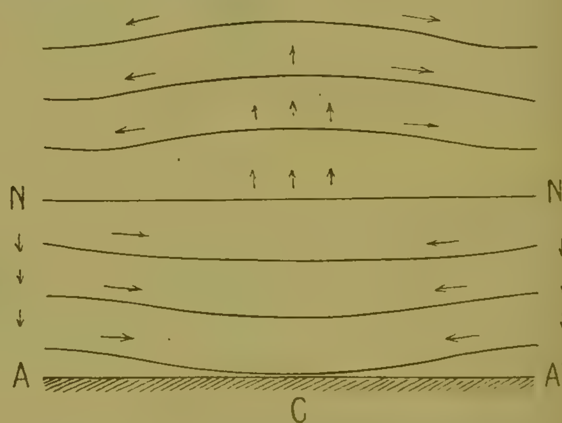


Fig. 31. Verhalten der Luftschichten über Orten hoher Erwärmung (stationärer Zustand).

daß sich deren Grenzlinien (in der Zeichnung die ausgezogenen Linien) über C heben.

Bei der Leichtbeweglichkeit der Luft bleibt jedoch der Hügel nicht bestehen, sondern es bilden sich Luftströmungen in der Richtung der Pfeile aus, indem die Luft an den geneigten Flächen gleichsam abfließt. Da aber

hierdurch die Luftmenge über C eine Verminderung erfährt, so sinkt das Barometer daselbst, während es peripher ansteigt, indem sich zu der vorher vorhandenen Luftmasse die hinzufließende gesellt. Dadurch erhalten aber die Flächen gleichen Druckes in den unteren Schichten eine Neigung gegen C, wodurch diesem Orte wieder Luft zuströmt (Fig. 31). Mit der Höhe nimmt der Drucküberschuß bei A und A′ ab, weshalb in einem gewissen Abstande über der Erdoberfläche eine Schicht gleichen Druckes sich befinden muß: NN. Über dieser „neutralen Zone“ fließt bei fortdauernder Erwärmung die Luft gegen die kältere Umgebung ab, unter ihr fließt die Luft dem Orte der Erwärmung zu und es stellt sich ein Kreislauf her, der erst mit der Änderung der Erwärmung sein Ende findet.

Umgekehrt fließen einer Stelle, welche kälter als die Umgebung ist, Luftmassen zu, die dann entsprechend dem hierdurch erhöhten Barometerstande in den unteren Schichten ein Gefälle nach außen bekommen (Fig. 32), so daß über der neutralen Zone die Luft gegen den Ort der Abkühlung in absteigender Richtung zufließt, während unter der neutralen Zone die Luft seitlich abgedrängt wird. Die Luftbewegung ist also über einer Fläche

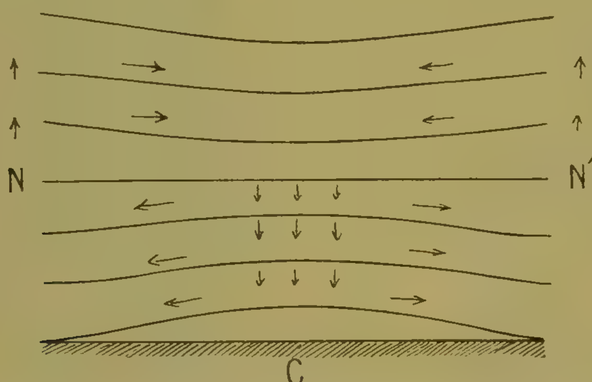


Fig. 32. Verhalten der Luftschichten über Orten starker Abkühlung.

höherer Erwärmung, entsprechend dem hierdurch bewirkten erniedrigten Barometerstande in der Nähe der Erdoberfläche gegen das Zentrum der Erwärmung gerichtet, während bei der Abkühlung die Verhältnisse umgekehrt sind.

Es dürfte vielleicht auffallend erscheinen, daß es bei der leichten Beweglichkeit der Luft überhaupt zur Ausbildung von Druckunterschieden kommt und diese nicht vielmehr im Beginne ihrer Entstehung ausgeglichen werden. Der Grund hierfür liegt in der großen Reibung der horizontalen Strömungen an der Erdoberfläche, wodurch deren Bewegung eine Verzögerung erfährt und überdies erst dann ausgelöst wird, wenn größere Druckunterschiede vorliegen. Trotzdem werden nur die horizontalen Strömungen als Wind empfunden, während die vertikale Bewegung, von seltenen Ausnahmen (Wirbelstürme) abgesehen, nicht zur Wahrnehmung gelangt. Hierfür ist maßgebend, daß die Erwärmung der Luft stets von der Unterlage ausgeht und nur in verhältnismäßig geringe Höhen vordringt. Die Luftschichten blähen sich am Orte der Erwärmung gleichsam nur auf und quellen oben über, während sie sich am Orte der Abkühlung zusammenziehen.

Die durch Erwärmung aufsteigenden Luftströmungen lassen sich, wie Vettin [65] zuerst gezeigt hat, leicht zur Anschauung bringen. Es empfiehlt

sich dies besonders in der Anordnung, die Czermak [66] dem überaus dankbaren und mit den primitivsten Mitteln auszuführenden Versuche gegeben hat. In einem parallelepipedischen Kasten aus Spiegelscheiben, dessen Kanten gut verklebt und möglichst luftdicht sind, befindet sich (Fig. 33) in der Mitte in dem Holzboden eine feine flache Drahtspirale S eingelassen, die durch einen schwachen elektrischen Strom erwärmt werden kann. Man benutzt zweckmäßig als Spirale eine bei jedem Uhrmacher käufliche Unruhefeder einer größeren Taschenuhr, und zur Erwärmung ein bis zwei Chromsäuretauchelemente. Ebenfalls am Boden des Kastens, aber am Rande desselben, mündet ein Glasrohr G in horizontaler Richtung gegen die Mitte zu, durch welches Rauch (einer Zigarette) eingeblasen werden kann. Am Deckel ist (G_2) ein zweites Glasrohr angebracht, um den Kasten zu ventilieren oder mit Gasen zu beschicken, die leichter als Luft sind (Leuchtgas). Bläst man nun durch G_1 vorsichtig Rauch in den Kasten, so breitet sich dieser als

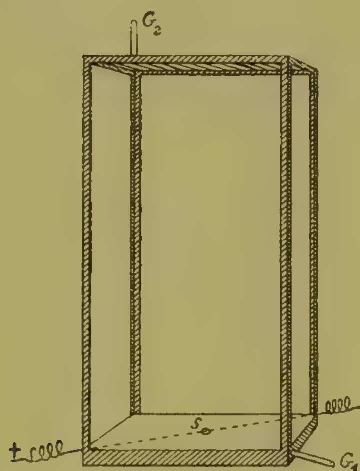


Fig. 33. Apparat zur Demonstration aufsteigender (erwärmter) Luftschichten.



Fig. 34.

eine meist scharf abgegrenzte Schicht am Boden aus, vorausgesetzt, daß der Kasten überall gleichmäßig temperiert ist. Ist eine Seite etwa durch auffallende Sonnenstrahlen wärmer, so treten störende — übrigens für die Empfindlichkeit der Luft gegen ungleiche Erwärmung deutlich sprechende — Luftbewegungen auf.

Sobald man durch Schließen des elektrischen Stromes die Spirale erhitzt so steigt, je nach der Stärke des Stromes, schneller oder langsamer, eine Rauchsäule in die Höhe (Fig. 34), die sich in ihrem Laufe pilzartig ausbreitet und ihre peripher vom Orte der Erwärmung absinkenden Ränder gelegentlich neuerdings in die aufsteigende Luftsäule sendet, wenn die Erwärmung der Spirale andauert. Man kann diese Erscheinung auch einem größeren Zuhörerkreise sichtbar machen, wenn man den Glaskasten in den divergenten Lichtkegel einer Projektionslampe stellt und das Schattenbild auf einen Schirm wirft.

Es darf allerdings nicht übersehen werden, daß sich die Verhältnisse in der Natur nicht so schematisch wie im Modelle oder auf der Zeichnung abspielen. Die durch Erwärmung leichter gewordene Luft steigt nicht als

einheitliche Masse, sondern in Form kleinster Strömchen in die Höhe, während kältere schwerere Luftströmchen dafür herabsinken, eine Erscheinung, die jenes eigentümliche Flimmern der Luft hervorruft, das an sehr heißen Tagen oder über erhitzten Flächen häufig wahrgenommen wird. Weiter sind die Flächen ungleicher Erwärmung, die meteorologisch eine Rolle spielen, auf der Erde in horizontaler Richtung im Vergleiche zur vertikalen Mächtigkeit der in Bewegung gesetzten Luftschichten weit voneinander entfernt. Demnach kommt es beim Druckausgleich auch zu erheblichen Geschwindigkeiten der Luftströmungen in horizontaler Richtung, die dann als Winde verschiedenster Stärke empfunden werden.

Für die Geschwindigkeit dieser Luftströmungen ist der Druckunterschied bezogen auf die Entfernung maßgebend, ebenso etwa wie das Wasser rascher fließt, wenn sein Gefälle bedeutender ist. Die Luftdruckdifferenz kommt im Unterschied der Barometerstände bezogen auf die Weglänge zum

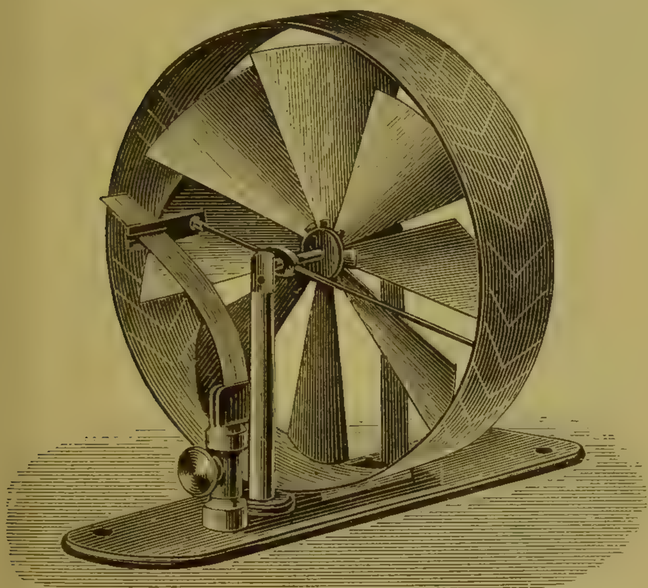


Fig. 35. Wolpert statistisches Anemometer.



Fig. 36. Fueßsches Anemometer.

Ausdrucke und wird als Gradient bezeichnet. Als Einheit der Weglänge werden 111 km, d. i. die Länge eines Grades auf einer Kugel, welche die gleiche Oberfläche wie unsere Erde besitzt, genommen. Der Gradient ist demnach durch den Ausdruck $\frac{B - B_1}{\frac{\text{Weglänge}}{111}}$ gegeben.

Die Windstärke ist demnach größer, wenn die Isobaren dichter aneinanderrücken. Ermittelt wird sie, indem man entweder den Winddruck durch statische oder dynamische Anemometer, oder den Windweg, am gebräuchlichsten durch das Schalenkreuzanemometer (Robinson) mißt. Bei den statischen Anemometern wird durch den Druck des Windes entweder eine an einer Kante aufgehängte, sich stets gegen die Windrichtung stellende Metallplatte mehr oder weniger gehoben und der Ablenkungswinkel an einem empirisch graduierten Bogen abgelesen (Windstärkemesser nach Wild), oder ein Flügelrad aus leichten Glimmerplättchen, bei dem eine Uhrfeder die Drehung der Radachse hemmt, dem Winde entgegengestellt. Die Krümmung der Uhrfeder wird durch einen Zeiger gemessen; der Ausschlag des

Zeigers wächst mit zunehmendem Drucke. (Statische Anemometer nach Wolpert Fig. 35, Lehmann u. a.) Bei den dynamischen Anemometern bewegt der Wind ein leichtes Glimmer- oder Aluminiumflügelrad, das die Zahl seiner Umdrehungen auf ein Zählwerk überträgt, Fig. 36. Unter Berücksichtigung von Reibungswiderstand und Trägheitsmoment läßt sich aus der Zahl der Umdrehungen die Windgeschwindigkeit berechnen, oder die Instrumente geben, wie jene der Firma Fueß in Berlin, ohne Umrechnung sogleich die Geschwindigkeit in Metern an. Bei dem für meteorologische Zwecke am häufigsten gebrauchten Schalenkreuzanemometer von Robinson treibt der Wind 4 Hohlschalen um eine senkrechte Achse, welche mittels

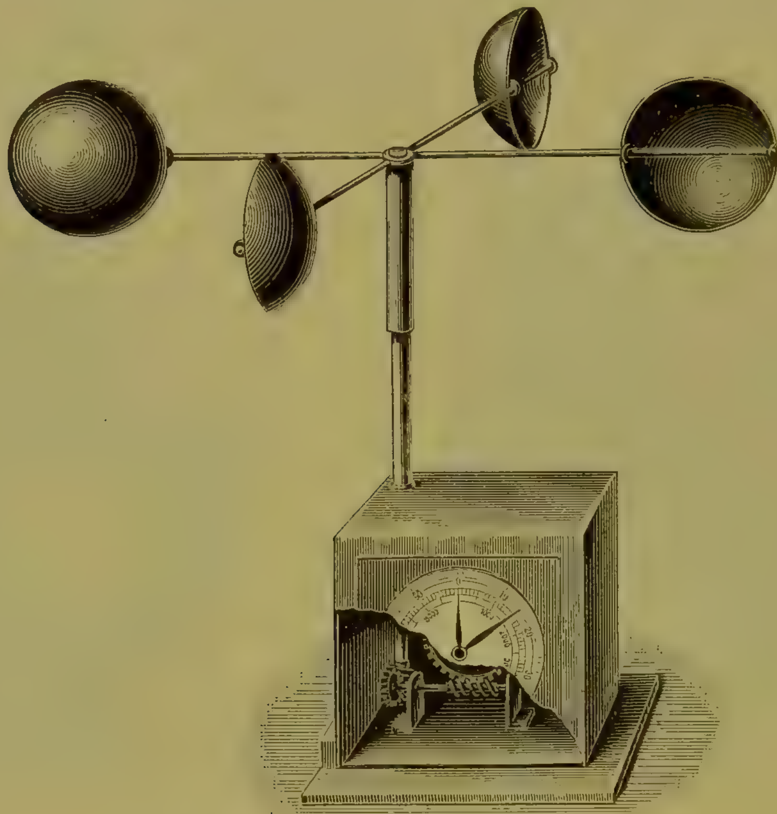


Fig. 37. Robinsons Schalenkreuzanemometer.

Schraube ohne Ende die Zahl der Umdrehungen auf ein Zählwerk überträgt [111] Fig. 37.

Der Geübte vermag auch durch Schätzung der Windstärke nach einer Skala sehr brauchbare Angaben zu liefern. Nach der Beaufortschen Skala werden die Windstärken durch die Zahlen von 0—12 ausgedrückt, wobei 0 Windstille, 12 Orkan bedeutet. Auch 10- und 6-teilige Windskalen sind im Gebrauche. Bei der letzteren sind die Abstufungen [67] 0 Windstille, 1 schwacher, 2 mäßiger, 3 starker, 4 sehr starker Wind, 5 Sturm, 6 Orkan. Die Windrichtung wird durch Windfahnen ermittelt.

Nach dem früher Erörterten fließt an der Erdoberfläche die Luft nach der Richtung des niederen Druckes, während umgekehrt in der Höhe die Luft zum Orte höheren Druckes sich bewegt. Die Bewegung folgt jedoch nicht geradlinig der Richtung des Gradienten, sondern erfährt durch den Einfluß der Schwerkraft und der Erdrotation eine Abweichung, die bei einer meridionalen Luftbewegung am leichtesten der Vorstellung zugänglich ist.

Bläst z. B. der Wind auf der nördlichen Hemisphäre meridional von einem Orte höherer Breite zum Äquator, so trifft er auf seinem Laufe wegen der Kugelgestalt der Erde immer rascher sich bewegende Oberflächenteile. Da er als träger Körper seine Richtung einzuhalten strebt, wird er bald von seinem Meridiane — da sich die Erde von Westen nach Osten dreht — nach Westen abgelenkt. Der ursprünglich reine Nordwind wird zum Nordost. Eine für alle Windrichtungen gültige Vorstellung gibt die folgende Betrachtung.

Bei einer rotierenden Scheibe ist die Größe der Zentrifugalkraft, wenn v die Geschwindigkeit an der Peripherie, r der Radius der Scheibe ist und die Masse $= 1$ gesetzt wird $= \frac{v^2}{r}$ [68].

Ist der rotierende Körper eine Kugel, z. B. die Erde, so wechselt in den verschiedenen Breiten die Geschwindigkeit und mit ihr die Zentrifugalkraft. Nennt man v_0 die Geschwindigkeit, mit der eine bestimmte Stelle z. B. M in Fig. 38

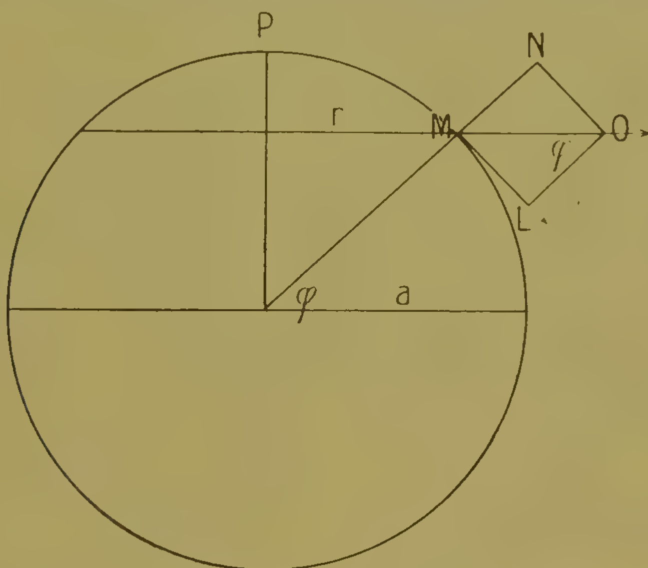


Fig. 38. Schema der Ablenkung der Winde.

der Erdoberfläche sich bewegt, so ist die Zentrifugalkraft an dieser Stelle $= \frac{{v_0}^2}{a \cdot \cos \varphi}$, wobei a der Erdradius und φ der Winkel ist, den die Ebene des Äquators mit der geographischen Breite bildet.

Bewegt sich ein Körper, wie z. B. der Wind auf der Erdoberfläche, so kann er sich, um nur die extremen Fälle hervorzuheben, im Sinne der Erdrotation oder gegen diese fortbewegen. Im ersteren Falle ist seine Geschwindigkeit gleich jener der Erdoberfläche (v_0), vermehrt um die Geschwindigkeit, mit welcher er sich auf der Erdoberfläche fortbewegt (v), also $v_0 + v$.

Die Zentrifugalkraft ist abhängig von der Differenz der Geschwindigkeiten und demnach durch die Formel

$$\frac{(v_0 + v)^2}{a \cos \varphi} - \frac{{v_0}^2}{a \cos \varphi} = \frac{{v_0}^2 + 2 v_0 v + v^2 - {v_0}^2}{a \cos \varphi} = \frac{2 v_0 v + v^2}{a \cos \varphi}$$

gegeben.

In der Zeichnung Fig. 38 entspricht MO diesem Ausdrucke. Zerlegt man sich die Zentrifugalkraft in eine horizontale und eine auf dieser senkrecht stehende Komponente, so ist die erstere ML.

$$\frac{2v_0v + v^2}{a\cos\varphi}\sin\varphi = \frac{2v_0v}{a\cos\varphi}\sin\varphi + \frac{v^2}{a\cos\varphi}\sin\varphi,$$

$a\cos\varphi$ ist aber der Radius des Breitenkreises (r); ferner bezeichnet man die Winkelgeschwindigkeit der Erde $\frac{v_0}{a\cos\varphi}$ mit ω, so vereinfacht sich der obige Ausdruck in $2\omega v\sin\varphi + \frac{v^2}{r}\sin\varphi$.

Es entsteht also eine Ablenkung gegen den Äquator durch die horizontale Komponente, während die vertikale nur das Gewicht des sich bewegenden Körpers vermindert. Die Größe der Ablenkung wächst mit der Breite und wird am Äquator gleich 0, da dort der $\sin\varphi = 0$ ist.

Diese Ablenkung gilt jedoch nur, da sich die Erde von Westen nach Osten bewegt, für Körper mit einer gleichnamigen Bewegungsrichtung, also z. B. für Winde aus West, Südwest, Nordwest.

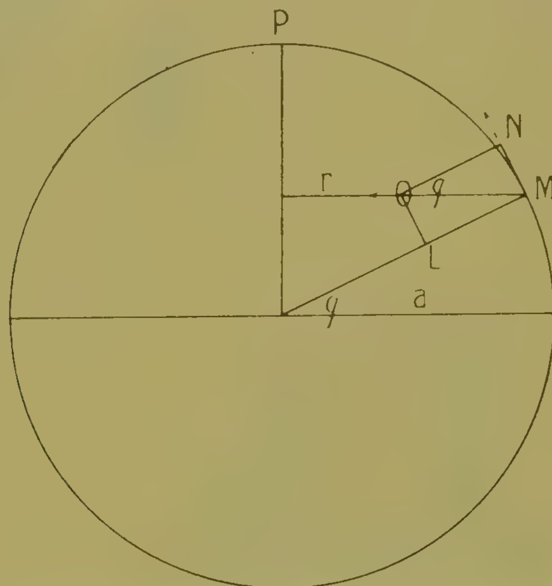


Fig. 39. Schema der Ablenkung des Windes.

Bewegt sich jedoch ein Körper von Osten nach Westen, so ist seine Geschwindigkeit kleiner als jene der Punkte der Erdoberfläche. Seine Zentrifugalkraft wird also auch kleiner sein als die der Körper auf der Erdoberfläche, wobei vorausgesetzt wird, daß v kleiner ist als v_0.

Diese „negative" Kraft läßt sich zum Ausdruck bringen, indem man sie parallel zum Breitenkreis jedoch erdwärts aufträgt. Ihre Komponenten sind einerseits ML gegen den Mittelpunkt der Erde und andererseits MN polarwärts gerichtet. Die letztere Komponente bewirkt die Ablenkung aller Ost-. Südost- und Nordostwinde gegen die Pole [Fig. 39].

Die Erdrotation bewirkt also, daß auf der Nordhemisphäre jeder bewegte Körper nach rechts, auf der Südhemisphäre nach links abgelenkt wird. Diese Ablenkung bewirkt, daß auf der Nordhemisphäre jede Kanonenkugel ein wenig nach rechts abweicht, jeder Fluß das rechte Ufer stärker angreift und jeder Eisenbahnzug die rechte Schiene höher belastet.

Da die Luftströmungen gegen die Barometerminima, die Zyklonen auf der nördlichen Hemisphäre immer nach rechts abgelenkt werden, entstehen in deren Nähe Wirbelbewegungen, welche auf der Nordhemisphäre in der

Richtung gegen den Uhrzeiger, auf der Südhemisphäre im Sinne des Uhrzeigers wehen. Umgekehrt zeigen die von den Gebieten höheren Luftdruckes, den Antizyklonen, ausgehenden Winde eine Drehung mit dem Uhrzeiger auf der Nord- und umgekehrt auf der Südhemisphäre.

Windsysteme der Erde.

Da die Luft dem Orte der Erwärmung an der Erdoberfläche zufließt, ergeben sich eine Reihe typischer Winde auf unserem Erdballe.

Das mächtigste Zirkulationssystem der Erde entsteht durch die intensive Erwärmung des Erdgürtels um den thermischen Äquator. Dadurch bildet sich über diesem eine Rinne niederen Luftdruckes aus, welche einerseits das Einströmen von Luft äquatorwärts an der Erdoberfläche, andererseits das Abströmen in der Höhe polwärts verursacht.

In dieser Rinne niederen Luftdruckes und aufsteigender Luftbewegung herrscht Windstille bei meist bedecktem Himmel: die Zone der Kalmen. Andererseits bilden sich ungefähr zwischen dem 30. und 40. Grad polwärts vom Äquator Zonen höheren Luftdruckes mit absteigender Luftbewegung, die subtropischen Barometermaxima (Roßbreiten der alten Seeleute) aus, in denen Windstille [69] oder veränderliche Winde bei heiterm Himmel herrschen. Von diesen Zonen wehen gegen den Äquator die Passate, welche infolge der Ablenkung auf der nördlichen Hemisphäre als Nordost, auf der südlichen Hemisphäre als Südostpassate in Erscheinung treten. Die von der Zone der Kalmen gegen die subtropischen Maxima in der Höhe vor sich gehenden Luftströmungen heißen Antipassate. Von den subtropischen Zonen hohen Barometerstandes wehen auch gegen die Pole Winde, welche infolge der Ablenkung auf der nördlichen Hemisphäre als Südwest-, auf der südlichen Hemisphäre als Norwestwinde empfunden werden. Das ganze Zirkulationssystem rückt im Sommer der nördlichen Hemisphäre etwas nach Norden, im Winter etwas nach Süden, entsprechend der Wanderung des thermischen Äquators.

Durch die ungleiche Erwärmung und Abkühlung von Land und Wasser entstehen die Land- und Seewinde. Beim Gange der täglichen Temperatur über Festland und Ozean siehe (S. 422) fällt die unvergleichlich steilere Landkurve auf. Bei Tage nimmt also das Land eine höhere Temperatur an als das Meer, während umgekehrt nachts das Land stärker abkühlt. Die Folge hiervon ist in den Vormittagsstunden Ausdehnung der Luft über dem Lande, Abfluß der Luft in der Höhe gegen die Wasserfläche, Sinken des Luftdruckes über dem Lande, Ansteigen desselben über der Wasserfläche. Hierdurch entsteht eine Luftströmung gegen das Land, „der Seewind“.

Umgekehrt setzt der „Landwind“ ein, wenn das Land (abends und nachts) kälter wird als das Wasser. Der Landwind ist schwächer als der Seewind, da das Land nachts weniger unter die Temperatur der Wasseroberfläche absinkt, als es sich bei Tage über diese erhebt; ferner ist die Reibung der Luftströmung auf dem Lande größer als über den Wasserflächen. Der Seewind nimmt seinen Ausgang auf der Wasserfläche und arbeitet sich allmählich gegen das Land vor, das er meist um 9—10^{h} ante meridiem erreicht. Der Landwind setzt bald nach Sonnenuntergang ein, um bis in die ersten Morgenstunden anzuhalten. Selbst größere Binnenseen, wie der Genfer See, haben ihre Land- und Seewinde. Nach Forel [70] weht

daselbst der Seewind (le rebat) von 10^h a. m. bis etwa 4^h post m., der Landwind (Morget) von 5—7 p. m. die Nacht hindurch bis $7—9^h$ a. merid.

Im größten Stile entstehen Land- und Seewinde durch die ungleiche Erwärmung, welche Land und Meer durch den Wechsel der Jahreszeiten erfahren. Im Sommer strömt die kältere Seeluft gegen den Kontinent, während umgekehrt zur kühlen Jahreszeit die Landluft dem Meere zu fließt. Diese Winde, welche als Monsune (vom arabischen Worte Mansim, Jahreszeit) bezeichnet werden, sind in jenen Gegenden, in welchen die Gegensätze des Wärmeganges zwischen Winter und Sommer am größten sind, am stärksten entwickelt. Die hauptsächlichsten Monsungebiete der Erde sind die Küstenländer des Indischen Ozeans. Für das Klima von Indien ist der mächtige Südwestmonsun des Sommers von ausschlaggebender Bedeutung. Ostasien hat im Süden den Südwestmonsun, der nach Norden in Süd- und Südostwind übergeht. Nordaustralien hat in seinem Sommer Nordwestmonsun.

Periodische Winde sind ferner die Berg- und Talwinde im Gebirge. In den Gebirgstälern und deren Abhängen weht, wenn nicht mächtigere allgemeine Luftbewegungen herrschen, bei Tag der Wind talaufwärts, bei Nacht talabwärts. Unter dem Einflusse der Sonne erwärmt sich der Talboden und die über demselben liegende Luftschicht dehnt sich aus. Je näher ein Punkt der Talmündung liegt, desto höher ist die über ihm lagernde Luftsäule und desto größer ihre Ausdehnung. Demnach überragt sie die Luftsäulen bergwärts gelegener Punkte und erhält gegen diese, also bergwärts, ein Gefälle. Die ursprünglich horizontalen Isobaren AB und A'B' blähen sich also talwärts, A_1B und A_1'B' und erhalten ein Gefälle gegen den Berg (Fig. 40) [71]. Zudem entsteht am Hange, besonders dem von der Sonne stärker erwärmten, ein aufsteigender Luftstrom. Dieser bergwärts wehende Wind ist der Talwind.

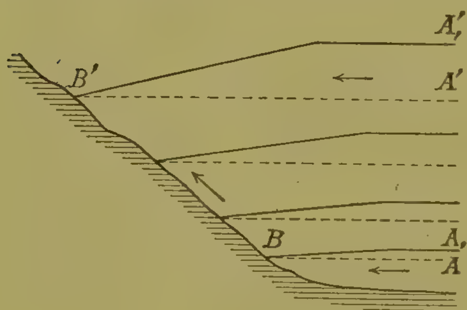


Fig. 40. Bergwinde. Hebung der Flächen gleichen Druckes.

Umgekehrt kühlen nach Sonnenuntergang die Luftschichten rascher ab als der Boden; die Isothermen krümmen sich in entgegengesetztem Sinne und erzeugen eine talwärts gerichtete Luftströmung, den Bergwind. An steilen Hängen sieht man die Luft von den rasch erkaltenden Höhen gelegentlich mit beträchtlicher Geschwindigkeit herabstürzen.

Zu den bekanntesten Talwinden gehört die im Etschtale (und Sarcatale über den Gardasee) nach Norden wehende Ora, welche zu Trient gegen 11^h a. m. bei schönen Tagen regelmäßig einsetzt, kräftig den Nachmittag bis zum Abend weht [72] und erst nach 3^h p. m. Bozen erreicht. Der entsprechende Bergwind heißt am Gardasee Sover, in Torbole Paesano. Ein Talwind ist auch der von Billwiller studierte Walliserwind im Rhonetale. Aus dem großen Münstertale im Elsaß weht zur Nachtzeit ein kühler Bergwind, der wegen seiner erfrischenden Temperatur fühlbarer ist als der entsprechende Talwind. Ebenso wird in Freiburg im Breisgau der aus dem Höllentale zur Nachtzeit wehende Bergwind mehr beachtet als der aufsteigende Tagwind. Typische Berg- und Talwinde hat das Himalajagebiet [73]. Auch der Schönwetterwind des Inntales, ein Ostwind, der seine größte Inten-

sität in Innsbruck zwischen 4—5^{h} p. m. erreicht, ist ein klimatisch bedeutsamer Talwind (Defant) [74].

Föhnwinde.

Das Gebirge erzeugt jedoch nicht nur Windströmungen, sondern vermag auch die Luftströmungen hinsichtlich ihrer wichtigsten Eigenschaften (Wärme, Feuchtigkeit) derart zu verändern, daß sie dann gleichsam ein neues klimatologisches Element darstellen.

Die belangreichste Veränderung erfahren Luftmassen, die über einen höheren Gebirgskamm ziehen, indem sie sich beim Herabsinken erwärmen und dadurch eine verringerte relative Feuchtigkeit und ein höheres Sättigungsdefizit erwerben. Da die Luft von den Kämmen gewissermaßen herabfällt, spricht man von Fallwinden, die man dann, wenn sie auch als warm und trocken empfunden werden, als Föhne bezeichnet.

Am besten studiert sind diese Winde an der Nordseite der Alpenkette, wo ihr Hauptgebiet zwischen Genf und Salzburg liegt. Doch wurden an der Südseite der Alpen echte Föhne, so von Höffinger in Bozen [75], in Meran [76], von Bresca in Görz [77] beschrieben. In einzelnen Alpentälern, wie dem Brennertale bis Innsbruck, dem oberen Rheintale bis zum Bodensee, dem unteren Rhonetale bis zum Genfer See, dem Tale der Linth bis Zürich wehen heftige Föhne. Im Illtale erreicht der Wind bei Bludenz in Vorarlberg seinen Höhepunkt.

Auch andere Gebirgsländer haben ihre Föhnwinde. So weht in Hermannstadt in Siebenbürgen vom Rothenturmpasse der Talmatscherwind, den Reißenberger studierte [78], über den Appenin weht nach Modena ein warmer Südwest [79]; der Kaukasus [80], Grönland [81], Korea [82], die Südalpen Neuseelands [83], die Anden [84], Harz [85], Thüringer Wald [85] und Riesengebirge [85] haben ihre Föhnwinde.

Am frühesten scheint der Föhn an der Nordseite der Alpen als ein Wind von eigenartigem Charakter erkannt worden zu sein. Wegen seiner Richtung (aus dem Süden), seiner Wärme und Trockenheit stellte man sich früher vor, daß der Wind aus der Sahara stamme [86], ohne zu bedenken, daß gerade im Winter und Frühjahr der Föhn seine größte Heftigkeit aufweist, zu einer Zeit also, in welcher auch die nordafrikanische Wüste nicht heiß ist. Die Hypothese hätte aber auch den Nachweis erfordert, daß auf dem ganzen Wege der Föhnzugstraße ein warmer, trockener Wind weht. Hann zeigte an zahlreichen Beispielen [87], daß meist beim Föhnsturme der Nordalpen im Süden kühles, trübes, regnerisches Wetter herrsche.

Eines der besten Beispiele [88] ist der Föhn, der am 31. Januar und 1. Februar 1869 vom St. Gotthard wehte. Die Witterung längs der Gotthardstraße gibt die folgende Tabelle wieder [89]:

Ort	Meereshöhe	Temperatur	Windrichtung (und Wetter)	Feuchtigkeit in Proz.
Bellinzona	229 m	3,0° C	N (Regen)	80
S. Vittore	268 „	2,5° „	S und SW	85
Airolo	1172 „	0,9° „	N und S	—
St. Gotthard	2100 „	—4,5° „	S	—
Andermatt	1448 „	2,5° „	SW	—
Altdorf	454 „	14,5° „	S (Föhn)	28

In Altdorf ist trotz der höheren Lage (454 m) die Temperatur um 11,5° höher als in dem niedriger und um mehr als einen halben Grad südlicher gelegenen Bellinzona. Dabei zeigt Bellinzona und S. Vittore eine hohe, Altdorf eine niedere relative Feuchtigkeit. Wärme und Trockenheit sind der Luft erst auf ihrem Abstiege vom Alpenkamme zuteil geworden.

Hann hat zuerst die Erklärung gegeben, daß die Erwärmung der Luft beim Absinken eine Folge der Volumverkleinerung sei, welche die Luft erfahre, wenn sie aus einer Region höheren in eine niederen Luftdruckes gelange. Bei dieser Kompression wird die Luft erwärmt, während sie sich abkühlt, wenn sie sich durch Verminderung des auf ihr lastenden Druckes ausdehnt.

Diese Erwärmung und Abkühlung läßt sich experimentell mit einem Quecksilberthermometer nicht messen, da dessen Stand wegen der geringen Wärmekapazität der Luft kaum eine Änderung erführe. Dagegen ist die von Czermak [90] angegebene Anordnung überaus lehrreich und mit einfachen Mitteln einem Auditorium vorzuführen (Fig. 41).

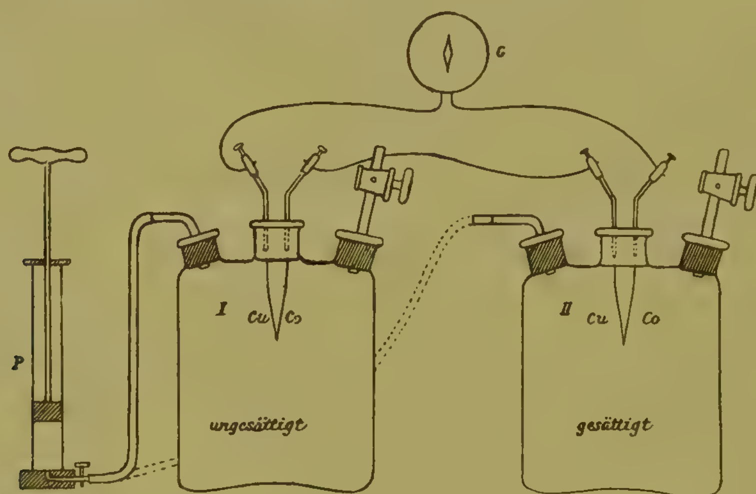


Fig. 41. Apparat zur Demonstration der Erwärmung trockener und feuchter Luft.

In einer Wulfschen Flasche von 1 l Inhalt befindet sich atmosphärische Luft. Die drei Tubusrohre enthalten, mit gutem Kautschukverschlusse versehen, einerseits ein gebogenes Glasrohr, andererseits ein Glasrohr mit einem Glashahne, während in den mittleren Tubus ein Thermoelement eingesetzt ist. Dieses wird aus 1 mm breiten und 5 cm langen Streifen von Kupfer- und Konstantanblech hergestellt. Die dünnen Bleche von 0,02 mm liefert die Firma Heraeus in Hanau. Die Bleche sind an dicke Kupferdrähte gelötet und diese Lötstellen in den Kork, welcher im Flaschenhalse sitzt, mit Klebewachs eingekittet. Die freie Lötstelle des Thermoelementes ragt in das Innere der Flasche. Wenn man dann mit einer kleinen Luftpumpe oder an deren Stelle mit einer etwa 100 cm³ haltenden Spritze die Luft komprimiert, indem man den Glashahn abschließt und das abgebogene Rohr mittels Kautschukschlauch mit der Pumpe verbindet, so zeigt an einem Galvanometer das Thermoelement eine Erwärmung der Lötstelle an. Die Einrichtung ist so empfindlich, vorausgesetzt, daß die Lötstelle sorgfältig hergestellt ist, daß es genügt, den an die Flasche gesteckten verschlossenen Schlauch mit der Hand zusammenzudrücken, um eine Ablenkung im Sinne der Erwärmung zu bekommen. Um den Thermostrom nach-

zuweisen, benützt Czermak ein Edelmannsches Galvanometer, System d'Arsonval. Umgekehrt erhält man beim Verdünnen der Luft durch die Pumpe einen Galvanometerausschlag im Sinne einer Abkühlung. Schaltet man, wie die nebenstehende Figur zeigt, 2 Wulfsche Flaschen an das Galvanometer (g) und gibt in eine der Wulfschen Flaschen etwas Wasser, um die Luft stets gesättigt zu erhalten, so fallen sowohl bei der Kompression als auch bei der Ausdehnung die Ausschläge bei der feuchten Flasche wesentlich kleiner aus, ungefähr im Verhältnis 3:2. Verbindet man durch ein T-Stück beide Flaschen mit der Pumpe (p) und schaltet das Thermoelement der Flasche mit gesättigter Luft in umgekehrter Richtung ein, so bekommt man beim Aufziehen der Pumpe die halbe Verdünnung in jeder Flasche und einen Galvanometerausschlag, der dem Unterschiede ungesättigter und gesättigter Luft bei gleicher Ausdehnung entspricht. Dieser Ausschlag erfolgt immer im Sinne der ungesättigten Luft. In der feuchten Flasche ist also sowohl die Erwärmung, wie die Abkühlung gestört; im ersteren Falle dadurch, daß ein Teil der durch Kompression entstehenden Wärme für Wasserverdunstung verwendet wird, während umgekehrt die durch die Kondensation des Wasserdampfes freiwerdende Wärme die Abkühlung nicht so weit fortschreiten läßt, wie dies bei trockener Luft der Fall ist. Dieses



Fig. 42. Apparat zur Demonstration des Ganges einer Luftströmung.

ungleiche Verhalten feuchter und trockener Luft bei Abkühlung und Erwärmung ist der springende Punkt der Hannschen Föhntheorie.

Eine Luftströmung schließt sich beim Übersteigen eines Gebirgskammes dem Profile fast vollständig an. Um dies zu zeigen, fertigte Czermak sich ein Längsprofil einer Föhnstraße aus einem fingerdicken Brettchen, welches zwischen 2 Glasplatten eingeschlossen ist. An einem Ende werden die Glasplatten von einem flachen Trichter aus Karton oder Blech, der mit einem Tubus versehen ist, umschlossen.

Verbindet man den Tubus mit einer Wasserstrahlpumpe und saugt leicht an, während man an der entgegengesetzten Seite Tabakrauch oder Salmiakdämpfe eintreten läßt, so folgen diese, die gerade Linie vermeidend, genau den Erhöhungen und Vertiefungen des innerhalb der Glasplatten eingeschlossenen Brettchens. Es ist zweckmäßig den Luftraum zwischen den Glasplatten mit einem Deckel aus Karton (D) abzudecken.

Wenn also ein saugendes Minimum die Luft von Süd nach Nord über den Gebirgskamm zu gehen zwingt, so verliert die aufwärts gehende Luft Wärme, und zwar, solange die relative Feuchtigkeit unter 100 Proz. bleibt, für 100 m rund 1°. Sobald aber der Taupunkt erreicht ist, vermindert sich der Wärmeverlust um die freiwerdende Kondensationswärme und es sinkt die Temperatur langsamer, so daß für 200 m rund 1° Temperaturabfall eintritt. Durch die stetige Kondensation bilden sich Niederschläge (Regen—Schnee).

Ist der Kamm überschritten, so senkt sich die Luft, wodurch sie unter einen höheren Druck kommt. Hierbei erwärmt sie sich, und zwar für je 100 m um rund 1°. Während also eine mit Wasserdampf gesättigte Luft, welche um 2000 m aufsteigt, sich nur um etwa 10° abkühlt, erwärmt sie sich beim Absteigen über dieselbe Höhe um ca. 20°, und dieses Plus an Temperatur erzeugt die hohe Wärme des Föhns, während sein hohes Sättigungsdefizit dadurch entsteht, daß die Luft beim Aufsteigen (Luvseite) ihren Wasserdampf großenteils abgegeben hat.

Über dem Kamme schwebt eine schwere Wolke, die sog. Föhnmauer [91], von welcher sich Wolkenstücke gegen die Leeseite losreißen, die von der abwärts strömenden Luft rasch gelöst werden.

Die Bedeutung des Föhns liegt einerseits darin, daß seine Einwirkung auf das Klima eine große ist, andererseits beeinflußt er in einer noch wenig studierten Weise das Befinden des Menschen.

Der Einfluß auf das Klima ist erklärlich, da die Zahl der Föhntage in manchen Tälern der Alpen eine hohe ist. Nach Pernter betrug in den Beobachtungsjahren 1870—1894 die mittlere Zahl der Föhntage in Innsbruck 42,7. Also nahezu 1½ Monate weht der Föhn daselbst. Die maximale Zahl der Föhntage wies das Jahr 1891 mit 63 Föhntagen auf. Setzt man die Zahl der Föhntage = 100, so entfallen (in Proz. der Gesamtzahl) auf den

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
7	8	14	14	12	4	5	3	5	11	10	7

Die eigentlichen Föhnmonate sind demnach März, April, Mai, Oktober und November. Am seltensten weht er im Sommer. Wie sehr die Temperatur unter dem Einflusse des Föhn steigt, wolle aus folgenden Beispielen entnommen werden.

	Morgens	Temperatur 2h p. m.	Abends
Eintägiger Föhn 3. Januar 1882	—2,3	+ 7,0	7,0
„ „ 13. Februar 1870	—8,5	+12,7	10,0
Zweitägiger Föhn 16. Februar 1885	—2,0	11,0	6,0
„ „ 17. Februar 1885	10,0	12,0	7,0
„ „ 10. Dezember 1881	—4,0	5,3	6,0
„ „ 11. Dezember 1881	9,0	9,0	2,0

Mehrtägige Föhne lassen häufig erst am zweiten, selbst am dritten Tage die höchsten Lufttemperaturen nachweisen. Aus der Tabelle geht hervor, daß (13. Februar 1870) in wenigen Stunden Temperaturanstiege von 20° C zur Beobachtung kommen können. Solche Steigerungen sind immerhin selten, während Anstiege um 10—15° sehr häufig sind. Der Feuchtigkeitsgehalt sinkt umgekehrt, so daß in den meisten Fällen eine relative Feuchtigkeit von 40—50 Proz., häufig 30—40 Proz., seltener 25—30 Proz. zur Beobachtung kommt.

Im Mittel beträgt die Temperaturerhöhung durch den Föhn an Föhntagen gegenüber der normalen Temperatur, welche Innsbruck ohne Föhn haben sollte, 5,0° C. Das Jahresmittel erhöht sich um 0,6° C, wodurch Innsbruck so warm ist, als wenn es um 120 m niedriger läge, oder um rund 100 km südlich gerückt wäre. Für die Vegetation ist von besonderer Bedeutung, daß die Temperaturerhöhung das Frühjahr und den Herbst betrifft. Innsbruck stellt in pflanzengeographischer Beziehung eine Oase dar, so daß

sich selbst im Mittelgebirge (900 m) südliche und südöstliche Florenelemente erhalten konnten [92], (Murr).

Im Herbst reift der Föhn den Mais (Türkenreifer) und befördert in Gegenden die Traubenreife (Traubenkocher), die ohne Föhn an Weinkultur nicht denken könnten. Auch in Innsbrucks nächster Umgebung [93] (Hötting, 600 m ü. d. Meere) gab es vielfach Weingärten, bis die Höhe der Löhne den Anbau unrentabel machte. Die Hopfenbuche gedeiht daselbst, die sich sonst an keinem Orte der Nordkette der Zentralalpen wieder findet. Da der Innsbrucker Föhn über das Etschtal, Eisaktal, Brenner, Wipptal beziehungsweise Passeier- und Stubaital bei Innsbruck in das Inntal mündet, trifft er diese Stadt mit voller Wucht. Wenige Kilometer ost- oder westwärts ist seine Wirkung abgeschwächt. So konnte v. Ficker [94] zeigen, daß in Kematen, 10 km westlich von Innsbruck, die temperaturerhöhende Wirkung des Föhns viel geringer ist.

Die Trockenheit und Stärke bringt es mit sich, daß der warme Wind unglaubliche Schneemengen in kurzer Zeit aufzuzehren vermag, so daß eine Winterlandschaft binnen wenigen Stunden ein Frühlingskleid zeigen kann. Manche der Sonne unzugängliche Hochtäler verdanken dem Föhne ihren Frühlingsbeginn.

Daß eine so plötzlich eintretende Änderung der Temperatur und der Feuchtigkeit nicht ohne Einfluß auf den Organismus bleibt, ist verständlich, und tatsächlich stehen insbesondere neuropathische, neurasthenische Individuen zur Zeit des Föhns und auch vor seinem Einsetzen unter seinem Banne, ohne daß es bisher gelungen wäre, eine befriedigende Erklärung für seine Einwirkung zu finden.

Hierbei soll die indirekte Schädigung durch die Stärke des Windes, der ganze Waldparzellen entwurzelt und Felsstücke losreißt, nicht besprochen werden, da sie nichts für den Föhn Spezifisches ist. Auch die Furcht vor der eminenten Feuersgefahr, die der trockene Wind mit sich bringt und die sich durch unheilvolle Brandschäden (Glarus 1861) rechtfertigt, sei hier nur angedeutet.

Als „Föhnsymptome“, welche vor dem Einsetzen des Windes beobachtet werden, nennt Berndt [95] Mattigkeit und Schwere in den Gliedern, sowie ängstlich-depressive Stimmungen. Weiter wird der Schlaf durch beängstigende Träume gestört, Kopfschmerz tritt auf. Hat der warme Wind eingesetzt, so tritt Durstgefühl ein, die Schleimhäute des Mundes und der Nase trocknen aus. Eine Indisposition zu körperlicher und vor allem geistiger Tätigkeit bemächtigt sich des Menschen.

Die von Berndt angegebene Steigerung der Pulszahl, der Herztätigkeit und des Blutdruckes [96] ist dagegen sehr fraglich, wie auch die Angabe von Col. Ward [97], nach welcher Haut und Nägel, infolge der Lufttrockenheit „splittern“ sollen, höchst ausnahmsweise eintreffen dürfte.

Gestützt auf die Angaben von Coaz, Senn, Tschudi, Schatzmann u. a. behauptet Berndt einen Einfluß des Föhn auf die Tierwelt. Bienen, Wespen werden unruhig und stechen häufiger, Gemsen flüchten von der Höhe und suchen geschützte Weideplätze auf. Ziegen geraten in einen Zustand fieberhafter Erregung, die sie wilder und streitsüchtiger macht. Der Rinder und der Pferde bemächtigt sich eine unbegründete Unruhe.

Für den Menschen scheint ein längerer Aufenthalt in einem Föhnklima die Disposition zu den Föhnsymptomen zu erhöhen.

Einen höchst wertvollen Beitrag zur vorliegenden Frage hat Trabert [98]

geliefert, der unter Mitwirkung C. Mayers vorwiegend auf statistischem Wege den Einfluß des Föhns auf Gesundheitsstörungen und psychische Einflüsse studierte. Seine Ergebnisse deuten darauf hin, daß die barometrische Depression, die meist dem Föhnsturme vorausgeht, den wesentlichen Anteil habe. Wir kommen, ohne jedoch durch die Arbeit Traberts die Frage für erschöpfend gelöst anzusehen, noch ausführlicher auf die interessanten Ergebnisse zurück (S. 471).

Wenn ein Fallwind von einer nur geringfügigen Höhe herabstürzt, so kann er trotz der tatsächlichen Erwärmung als kalt empfunden werden. Dies gilt für die durch ihre Heftigkeit im österreichischen Küstenlande gefürchtete Bora, welche z. B. bei Triest bei ihrem Absturze vom Plateaurande von Opcina und Basovissa nur rund 350 m abfällt. Hat daher im Winter über dem Hochplateau der herankommende Nordwind eine Temperatur von —4° C, und nimmt man an, daß die Luft sich für je 100 m um 1° C erwärmt, so kommt die Bora mit einer Temperatur von nur —0,5° C an und erscheint in Triest, dessen mittlere Januartemperatur ca. 5° C beträgt, als eisiger Wind. Berüchtigt ist die Heftigkeit der Bora, die Eisenbahnzüge aus dem Gleise zu heben vermag und nicht selten eine Geschwindigkeit von 50—60 m pro Sekunde aufweist [99].

Ähnlich der Bora des Karstes ist der Mistral [100] der Provence. Tritt über dem Golf von Lyon ein Barometerminimum oder umgekehrt über dem Zentralplateau von Frankreich eine Drucksteigerung ein, so wird die im Vergleiche zum milden Klima der Riviera kalte Luft des kontinentalen Frankreich gegen das Mittelmeer gedrängt und erscheint trotz ihrer allerdings nur geringfügigen Erwärmung als ein kalter Nordweststurm.

Einfluß der Verbauung auf die Windgeschwindigkeit.

Inwiefern die Bewegtheit der Luft je nach ihrer Temperatur, ihrem Dampfgehalt, ihrer Stärke usw. die Wärmeökonomie des Menschen beeinflußt, siehe unter Wärme, Heizung und Ventilation.

Erinnert muß auch an die ventilierende Wirkung des Windes werden, welche im Freien die Ansammlung von Gasen, Ruß, Staub an ihrem Entstehungsorte verhindert.

Sowie die Städte die Temperatur und die Feuchtigkeit der Luft modifizieren, so wird auch die Luftbewegung durch die Verbauung wesentlich beeinflußt. Nähere Angaben hierüber verdanken wir Wolpert [101], der durch zahlreiche Messungen mittels kleiner Robinsonscher Schalenkreuzanemometer die gleichzeitige Windgeschwindigkeit am Dache, den verschiedenen Stockwerken und in den Höfen mehrerer Häuser feststellte. Es ergab sich, daß die Windgeschwindigkeit bei freistehenden Häusern an den Fenstern der II. Etage höchstens 23,2 Proz., an den Fenstern der I. Etage meist unter 7 Proz. der gleichzeitigen Windgeschwindigkeit am Dache betrug.

Bei geschlossener Bauweise sind die Höchstgeschwindigkeiten in den einzelnen Stockwerken natürlich noch geringer, wie es auch erklärlich ist, daß die Windgeschwindigkeit an den Fenstern der windabgelegenen Seite kleiner ist als an der Windseite.

In der Mitte großer Höfe fand Wolpert die Luft bewegter als an den Fenstern der Stockwerke, in kleinen Höfen dagegen herrscht, wenn sie einigermaßen günstig gelegen sind, eine überraschende Ruhe, während im Freien der Sturm tobt.

Wolpert kommt zum Schlusse, daß die Windgeschwindigkeit in der nächsten Nähe eines Wohnhauses selten über 10 Proz., meist aber nur einige Proz. der freien Windgeschwindigkeit beträgt.

Physiologische Wirkungen atmosphärischer Depressionen.

Die physiologische Bedeutung extremer Luftdrucke im Caisson und Hochgebirge ist besprochen worden. Es soll nun auch der wenig erforschten Störungen des Wohlbefindens gedacht werden, für welche gemeinhin jene geringen Luftdruckerniedrigungen verantwortlich gemacht werden, welche vor ungünstigen Wetterlagen vorkommen. Da diese Druckschwankungen jedoch geradezu vernachlässigbar sind gegenüber jenen, welchen der Mensch bei Bergtouren oder Fahrten über Alpenpässe (Gotthard, Brenner) unterworfen ist, so entbehrt die Annahme einer schädigenden Wirkung dieser

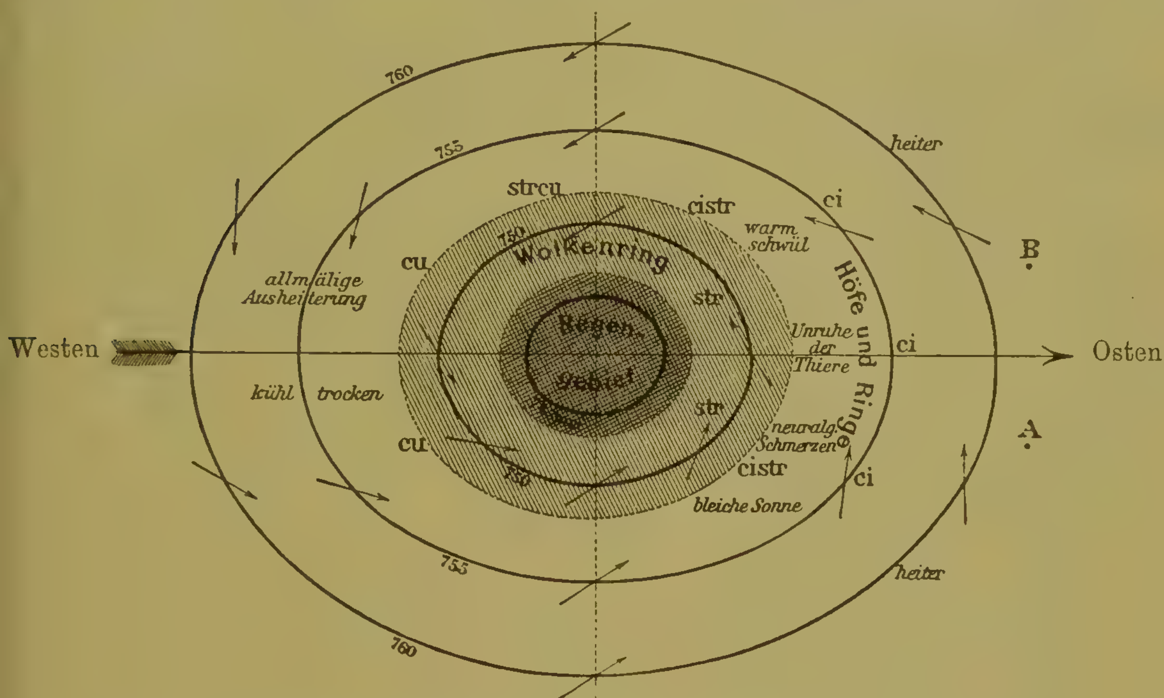


Fig. 43. Darstellung der typischen Witterungsverhältnisse in einer Depression. (Aus Trabert, Meteorologie und Klimatologie, 1905, S. 79.)

Veränderung des Luftdruckes jeder Grundlage. Demnach kann der Luftdruck nur als Ausdruck für noch rätselhafte, die Depression begleitende Witterungseinflüsse gelten.

Einer wandernden Zyklone entspricht ein für ihre einzelnen Teile charakteristischer Wettertypus, den Abercromby [102] meisterhaft beschrieben hat. Eine von Westen nach Osten vorschreitende Depression (der häufigste Fall) hat auf ihrer Vorderseite äquatoriale, also warme, auf ihrer Rückseite polare, kühlere Winde (Fig. 43). Der ursprünglich heitere Himmel zeigt die feinen weißen Cirruswolken, die aus Eisnadeln sich zusammensetzen und die bekannten fahlen Höfe und Ringe um Sonne und Mond bilden. Gleichzeitig treten bei noch schwüler Witterung jene rätselhaften Neuralgien (an Hühneraugen, alten Narben, Amputationsstümpfen) und „rheumatische" Schmerzen auf, von denen noch unten die Rede sein wird. Der Tierwelt bemächtigt sich eine Unruhe. Gegen das Innere der Zyklone verdichtet sich die Wolkendecke in Cirrostratus; Sonne und Mond durchdringen

kaum die Bedeckung des Himmels. Der Wind, der ursprünglich aus Südosten wehte, hat sich in einen Südwest gewandelt und, indem sich der Himmel noch weiter verdüsterte, ist Regen eingetreten, während das Barometer den Tiefstand erreicht hat. Ist das Minimum überschritten, setzen meist böige Winde ein, die von Südwest, West und schließlich Nordwest wehen. Die dichte Wolkendecke hat sich in mächtige Haufenwolken aufgelöst. Die unangenehme Schwüle der Vorderseite der Zyklone ist in eine erfrischende Kühle übergegangen und ausgebreitete Teile des blauen Himmels werden sichtbar. Menschen und Tiere sind von der drückenden Stimmung befreit.

Der Ablauf dieser Erscheinungen setzt voraus, daß ein Minimum über einen Ort wirklich vorüberzieht. Löst sich dagegen die Depression auf oder nimmt sie einen rückläufigen Gang, so fehlt naturgemäß die geschilderte Reihenfolge. Daß dann der prognostische Wert der „Wetterschmerzen“ im Stiche läßt, ist verständlich.

Vielleicht finden in diesen Störungen des Ganges der Zyklonen auch die Widersprüche ihre Erklärung, die in der Literatur über den Einfluß des Wetters auf den Ablauf der nervösen Beschwerden zu finden sind.

So fand Lombroso [103] sowohl beim Absinken als beim Ansteigen des Barometers die Frequenz manischer und epileptischer Anfälle erhöht. Auch sollte schwankender, besonders aber steigender Barometerstand die Tobsuchtsanfälle ansteigen lassen [104]. Nach Féré [105] ergab eine Zählung der Anfälle bei den Epileptikern seiner Abteilung in Bicêtre während der Monate Mai bis September 1889 im Mittel bei ruhigem Wetter 15 Anfälle für den Tag, bei stürmischem Wetter aber 23,8. Löwenfeld [106] fand besonders vor Witterungsänderungen im ungünstigen Sinne, also offenbar bei Depressionen, ein erhöhtes Auftreten sensibler Reizerscheinungen, z. B. Gliederreißen. In erster Linie hält er die Schwüle der Luft neben noch unbekannten meteorologischen Erscheinungen für die Ursache der Reize.

In neuerer Zeit veröffentlichte G. Lomer [107] in 2 Aufsätzen die Resultate seiner Studien über den Zusammenhang zwischen den meteorologischen Faktoren und dem Auftreten von Anfällen bei Epileptikern. Lomer konstatiert zunächst, daß Bewölkung, Luftfeuchtigkeit, Wind und Temperatur keinen Einfluß auf die Anzahl der epileptischen Anfälle haben, daß dagegen eine Häufung der Anfälle auftritt, wenn ein Steigen oder Fallen des Barometers einsetzt, und daß die Höchstziffern der Anfälle mit den größten Schwankungen des Luftdruckes zusammenfallen. Erst jüngst veröffentlichte Miller [108] seine Erfahrungen an Patienten mit den verschiedensten Krankheitsformen: Ischias, chronische Gelenkbeschwerden, Tabes, Hemiplegie, ferner an Leuten mit alten Narben oder Amputationsstümpfen. Alle zeigten das Gemeinsame, daß sie einige Zeit, 1—2 Tage vor dem Eintritte schlechten Wetters, über Reißen, Ziehen oder sonstige schmerzhafte Empfindungen klagten. Miller überzeugte sich des öfteren, daß diese Patienten (die sich im Krankenhause befanden und über kein Barometer verfügten) Barometerstürze richtig vorhersagten. Der Umschlag von schlechtem Wetter zum guten wurde von den Patienten Millers nicht empfunden, auch hörten deren Beschwerden auf, sobald das Barometer seinen Tiefstand erreicht, „sobald der erste Regentropfen gefallen“.

Daß die lanzinierenden Schmerzen der Tabiker vom Witterungswechsel — Regen, Nebel, Wind, erstem Schnee, niederem Barometerstand, Gewitter, schwüler Luft — beeinflußt werden, hatte schon Erb gefunden [109].

Die wertvollsten Untersuchungen stellte Trabert [110] unter Mithilfe Karl Mayers bei Gelegenheit seiner Föhnstudien an. Etwa 30 Herren aus akademischen Kreisen wurden verhalten, täglich ihr Befinden zu notieren. Insbesondere mußte angegeben werden, ob unangenehme subjektive Störungen wie Kopfschmerz, neuralgische Schmerzen, Kopfdruck, Schwindelgefühl, abnorme Reizbarbeit, schlechter Schlaf vorhanden waren. Gleichzeitig wurden auf der Nervenklinik Beobachtungen über die Zahl der Anfälle der in dieser Klinik weilenden Epileptiker angestellt.

Vervollständigt wurden beide Beobachtungsreihen noch durch Berichte über das Betragen der Schüler in den einzelnen Klassen einiger Innsbrucker Volksschulen, die von den Lehrern und Lehrerinnen dieser Schulen erstattet wurden.

Vor allem ergab sich nun die Tatsache, daß sich, abgesehen von meteorologischen Faktoren, ein Einfluß des Wochentages, abhängig von Lebensweise und Arbeitsleistung der Versuchsperson, geltend machte.

Außerdem aber blieb noch eine Reihe von abnormalen Tagen, die sich durch den Einfluß des Wochentages nicht erklären ließen, in denen die Berichterstatter über schlechtes Befinden klagten, die Anfälle der Epileptiker sich häuften und das Lehrpersonal ein schlechtes Gesamtbetragen der Schuljugend notierte. Es mußte also auf einen gemeinsamen, auf Kinder und Erwachsene, auf Gesunde und Kranke wirkenden Faktor geschlossen werden.

Trabert stellte nun fest, daß an diesen abnormalen Tagen eine barometrische Depression zu finden war, welche die ganze Wetterlage beherrschte, oder welche im Laufe des kommenden Tages zur herrschenden wurde. Umgekehrt ließ sich nachweisen, daß an guten Tagen, bis auf wenige Ausnahmen, hoher Luftdruck herrschte oder doch das Barometer im Steigen war.

Trotz des gelungenen Nachweises, daß Luftdruckverminderungen mit gehäuften Störungen des Befindens und der Leistungen zusammengehen, ist die ärztliche Seite der Föhnfrage durchaus nicht erschöpft. Es hieße die Föhnsymptome leugnen, wenn man sie lediglich auf Druckschwankungen, die doch allenthalben bestehen, bezieht. Gibt man aber zu, daß die auch sonst bestehenden Störungen einer Depression im Föhnklima gesteigert sind, so hat man das Eigenartige dieses Klimas bereits anerkannt und es ist gerechtfertigt, nach der Ursache dieser Eigenart zu suchen.

Insbesondere war es verlockend, an eine Einwirkung des jeweiligen elektrischen Zustandes der Atmosphäre auf unser Nervensystem zu denken und vor allem die der Messung leicht zugänglich gewordenen Veränderungen der Ionisation der Luft und des Potentialgefälles in ihrer Bedeutung auf den Menschen zu prüfen.

Dies schien nicht aussichtslos, da es bekannt ist, daß dem sinkenden Barometerstande in der überwiegenden Zahl der Fälle eine hohe Ionisation zukommt.

Zum Verständnisse der in Frage kommenden physikalischen Begriffe sei folgendes eingeschaltet.

Literatur:

1) Hann, Lehrb. d. Meteor. Leipzig, 1906, II. Aufl., S. 126 und 127. Rasche Änderungen der Temperatur der Luft durch lokale Einflüsse können durch die entstehende Expansivkraft des Dampfes den Druck der Luft — ohne Gewichtsvermehrung steigern, wie ihn umgekehrt rasche lokale Kondensationen des Wasserdampfes vermindern. Bei der hohen Beweglichkeit der Luft werden diese Druckschwankungen rasch vorübergehen und lokal eingeengt sein.

2) Wien hatte im Jahre 1906 am 21. Dezember den höchsten Barometerstand mit 761, den niedrigsten am 26. Dezember mit 721 mm. Differenz 40 mm.
3) Für diese Berechnung gilt die folgende Formel:

$$\log b = \log B - \frac{h}{1860\,(1 + 0{,}004\,t)},$$

bei welcher h der Höhenunterschied in Metern, t die mittlere Temperatur der Luftsäule von der Höhe h, B der bekannte Barometerstand im unteren Niveau, b der gesuchte Luftdruck an der oberen Station ist; z. B. h = 1000 m, t = 15° C, B = 762, daraus berechnet sich b = 677,4. Vgl. Hann, Handbuch der Klimatologie, S. 194.
4) Hann, ebenda S. 195.
5) Zuntz, Loewy, Müller, Caspari, Höhenklima und Bergwanderungen, 1906, I. Aufl., S. 39.
6) H. v. Schrötter, Zur Kenntnis der Bergkrankheit. Wien u. Leipzig, 1899, S. 57.
7) Brockhaus' Lexikon, Artikel Himalaja.
7a) Vgl. Luftdruck-Erkrankungen von Heller, Mager, v. Schrötter. Wien 1900. v. Schrötter, Zur Kenntnis der Bergkrankheit. Wien 1899. Zuntz, Höhenklima und Bergwanderungen in ihren Wirkungen auf den Menschen. Bong & Co. 1906. Hann, Klimatologie, III. Aufl., S. 199.
8) Vgl. auch Zuntz, Loewy, Müller u. Caspari, Höhenklima und Bergwanderungen, 1906, S. 62: Sauerstoffgehalt: am Mittelländischen Meere 20,91—20,98 Proz., in Berlin 20,92—20,96 Proz., in Genf 20,91—20,99 Proz., in mittleren Höhen 20,95 bis 20,99 Proz., in einer Höhe von 4560 m 20,87—20,89 Proz.
9) Heller, Mager, v. Schrötter, Luftdruckerkrankungen. Wien 1900, S. 129.
10) La pression baromométrique. Paris 1878, S. 751.
11) Über den Einfluß der verdünnten Luft. In.-Diss. Berlin 1877.
12) Der Luftdruck. Braunschweig 1898, S. 168.
13) Zur Kenntnis der physiol. und therapeut. Wirkungen der verdünnten Luft. Erlangen 1868.
14) loc. cit. S. 151.
15) Ch. Bohrs Abhandlung: Blutgase und resp. Gaswechsel in Nagels Handb. d. Physiol., 1905, I. Bd., S. 210.
16) Respiration und Zirkulation bei Änderung des Sauerstoffgehaltes der Luft. Berlin 1883.
17) Pflügers Arch., Bd. 66, S. 477.
18) Der Mensch auf den Hochalpen. Leipzig 1899, S. 190.
19) Zeitschr. f. phys. Chemie III, 1879, S. 19.
20) Pflügers Arch., Bd. 65, S. 393 (daselbst reiche Literaturangaben im Anhange).
21) Virchows Arch., 89. Bd., 1882, S. 290.
22) La pression barométrique. Paris 1878, S. 724.
23) A. Loewy in Oppenheimers Handb. d. Biochemie, IV. Bd., S. 222.
23b) Durig, Denkschr. der Kais. Akad. d. W. **86**, 187.
24) Pflügers Arch., Bd. 65, S. 278.
25) Johansson in Zuntz-Lövys Lehrb. d. Physiol. 1909, S. 437.
26) Meißner, Hygiene der Berg- und Tunnelarbeiter. Handb. d. Hyg. von Weyl, VIII. Bd., S. 287.
27) John Smeaton, Historical Rep. on Ramsgate Harbour. London 1791.
28) Triger Mémoir. sur un appareil à l'air comprimé. Comptes rend. d'acad. des sciences, Tom. 13, 1841, S. 884—896.
29) Heller, Mager, v. Schrötter, Luftdruckkrankheiten. Wien 1900, S. 164 u. f. Silberstein, Hygiene der Arbeit in komprimierter Luft. Weyls Handb. der Hygiene, I. Suppl.-Bd., 1901, p. 5 u. f.
30) Heller, Mager, v. Schrötter, Luftdruckerkrankungen. Wien 1900, S. 616. 617
31) L. Aschoff in Krehl und Marchands Handb. d. allg. Pathol. Leipzig 1908.
32) Silberstein in Weyls Handb. d. Hygiene. Suppl.-Bd. I, p. 10 [84].
33) loc. cit. S. 10.
34) loc. cit. S. 616.
35) Junod, Arch. génér. de méd. 2. ser., Tom. 9, 1835, S. 157—172. Heller, Mager, v. Schrötter, loc. cit. S. 634.
36) Arch. f. Anat. u. Phys. Physiol. Abt., 1899, Suppl.-Bd. S. 560.
37) Der Luftdruck. Braunschweig 1898, S. 49.
38) loc. cit. S. 637.

39) vide Silberstern, loc. cit. S. 86 (12); v. Liebig, loc. cit. S. 18 mit Lit.-Angabe; A. Loewy, Arch. f. Anat. u. Phys., phys. Abt., Suppl.-Bd. 1899, S. 555.
40) v. Liebig, loc. cit. S. 16.
41) Heller, Mager, v. Schröter, loc. cit. S. 609.
42) Kabrhel, Hyg. Rundsch. XIII, 1903, S. 164.
43) Compt. rend. Tom. 6, 1838, S. 896; vgl. auch v. Liebig, loc. cit. die Tabelle S. 80.
44) loc. cit. S. 653.
45) Ebenda S. 673.
46) Ebenda S. 688—691.
47) Österr. San.-Wesen 1895, Beil., S. 114.
48) Philos. Transact. Vol. V, London 1670; 2044 nach Silberstern, loc. cit. Traduct. des Mémoires de l'Acad. d. Cimento. Collect. acad. partie étrang. 1755, Tome I.
49) J. Müllers Archiv, 1857, S. 63.
50) Paul Bert, La pression barométrique. Paris 1878, S. 613 ff.
51) loc. cit. S. 944, Vers. Nr. DXXVIII.
52) loc. cit. S. 800.
53) Wien. klin. Wochenschr. 1896, Nr. 34.
54) loc. cit. S. 810.
55) loc. cit. S. 18.
56) loc. cit. S. 1125.
57) La pression barom. Paris 1878, S. 1147.
58) Österr. San.-Wesen 1895, Beil., S. 118.
59) loc. cit. S. 764 und Hill und Macleod, Journ. of phys., 29. Bd., 1903.
60) Arch. f. Hyg., Bd. 62, 1907, S. 187.
61) Deutsche Bauzeit, 1884, S. 174.
62) Ergbn. der Physiol. Ascher-Spiro 1903, S. 532.
63) Oppenheimers Handb. d. Biochemie. IV. Bd., S. 232, 1908.
64) Heller, Mager, v. Schrötter. loc. cit. S. 727.
65) Poggendorfs Annalen der Physik und Chemie. Bd. 100, S. 99, 1857 und Bd. 102, S. 246, 1857.
66) Poggendorfs Annalen 1893. Bd. 50, N. Folge, S. 330 und Meteor. Zeitschr. Bd. 1909, Heft 5, S. 211.
67) Hann, Lehrb. d. Meteor. II. Aufl., S. 280.
68) Vgl. Woeikof, Die Klimate der Erde. I. Teil, 1887, S. 4.
69) Wegen der Windstille wurden die Schiffe möglichst entlastet und gelegentlich die mitgeführten Pferde (Roßbreiten) über Bord geworfen.
70) Lac Leman. Tome I, 1892, S. 307.
71) Svante Arrhenius, Lehrb. d. kosm. Physik. Leipzig 1903, S. 694, Fig. 212.
72) Defant, Ber. d. naturw. mediz. Ver. in Innsbruck, 1907, XXX. J., S. 59.
73) Hann, Klimatologie. III. Aufl., 1908, S. 280, 286.
74) loc. cit. S. 71.
75) Meteor. Zeitschr. 1888, XXIII. Bd., S. 175, ebenda 1884, S. 89.
76) Meteor. Zeitschr. 1890, XXV. Bd., S. 229.
77) Meteor. Zeitschr. 1889, S. 192.
78) Meteor. Zeitschr., Bd. III, 1868, S. 205.
79) Ragona, Meteor. Zeitschr. 1878, S. 204, Bd. XIII.
80) Meteor. Zeitschr., Bd. VIII, S. 44, 1873.
81) Meteor. Zeitschr., Bd. XIII, 1878, p. 65.
82) Okada, Föhnwinde zu Wosan in Korea. Journ. of meteor. society of Japan, Nr. 4, April 1907.
83) Meteor. Zeitschr. 1872, Bd. VII, S. 95.
84) Meteor. Zeitschr., Bd. XXII, S. 90, 1887.
85) Meteor. Zeitschr., Bd. XXX, S. 463, 1895.
86) Desor, Reisebriefe aus Afrika. Allg. Zeitg., Beil., 1865, Nr. 9 und 10, und Hann, Meteor. Zeitschr., I. Bd., 1866, S. 257.
87) Escher v. Linth, 2 geol. Vorträge. Zürich 1852.
88) Meteor. Zeitschr., Bd. III, S. 561.
89) Hann, Handb. d. Klimatologie. III. Aufl., I. Bd., S. 297.
90) Denkschr. der Wiener Akad. d. Wiss. 1901. Sitzg. vom 23. Mai.

91) F. v. Kerner, Zeitschr. d. deutschen und österr. Alpenvereines 1892. Daselbst auch eine Abbildung.
92) Allg. bot. Zeitschr. 1903, S. 118.
93) Bote f. Tirol und Vorarlberg 1846, S. 31.
94) Denkschr. der Kais. Akad. d. Wiss., Wien, Bd. LXXVIII, und Klimatographie von Österreich, IV, 1909, S. 8.
95) „Der Alpenföhn in seinem Einflusse auf Natur- u. Menschenleben." Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsband 18, 1886/87, Gotha 1887, S. 52.
96) Vgl. auch Höfler, Baln. Rundschau, Nürnberg 1893.
97) Meteor. Zeitschr. 1890, S. 240.
98) Denkschr. d. Kais. Akad. der Wiss. in Wien, 1907, **81**.
99) Vgl. Keßlitz, Verh. der Naturforscherversammlg. in Karlsbad 1903. II, S. 113.
100) Vgl. Dersch, Meteor. Zeitschr. 1881, S. 52.
101) Arch. f. Hyg. Bd. 52, S. 22.
102) Das Wetter, aus d. Engl. übersetzt von Pernter, 1894, S. 19.
103) Arch. f. Psychiatr. Bd. 1, 1868/69, S. 186.
104) Der geniale Mensch, deutsche Übersetzg. Hamburg 1890, S. 118.
105) Les épileps. et les épileptiques. Paris 1890, zit. n. Löwenfeld (siehe unten).
106) Münchn. med. Wochenschr. 1896, S. 93.
107) Archiv f. Psychiatrie, Bd. 41 (1906), S. 1009 und Bd. 42 (1907), S. 1061.
108) Münchn. med. Wochenschr. 1909, S. 802.
109) Deutsche Klin. am Eing. d. 20. Jahrh. Bd. 6, zit. n. Miller a. a. O.
110) Denkschr. der Kais. Akad. in Wien, 1907, **81**.
111) Die Windfahne mit Windstärkemesser nach Wild siehe Jelineks Anl. zur Ausf. meteor. Bestimmungen, Wien 1905, Staatsdruckerei, S. 37. Eingehende Literaturausgaben siehe Meteorology practical and applied by Sir John Moore, London 1910, 265 u. F. Ein Registrierinstrument für Windrichtung und Windstärke von v. Esmarch, siehe Hyg. Rundsch. 1906, Nr. 6.

Luftelektrizität.

Seit den bahnbrechenden Untersuchungen von Elster und Geitel gilt es als erwiesen, daß die Atmosphäre ein Leitvermögen für Elektrizität besitzt, welches zurückzuführen ist auf kleinste Teilchen der Atmosphäre: die Ionen [1]. Diese bewirken die Entladung eines elektrisch geladenen, in der Luft isoliert gehaltenen Körpers; es findet also durch die Ionen eine Zerstreuung der Elektrizität statt, die an klaren, warmen Tagen am stärksten ist, bei zunehmender Bewölkung abnimmt und fast auf Null herabsinkt in Räumen, die Salmiaknebel oder Tabakrauch enthalten [2]. Mit dem Nachweise dieser Tatsachen durch Elster und Geitel fiel die früher herrschende Ansicht, wonach die Leitungsfähigkeit der Luft ausschließlich auf ihren Gehalt an Staub und Wasserdampf beruhen sollte.

Weitere Forschungen ergaben, daß in der Luft zweierlei Arten von Ionen existieren: a) solche, deren spezifische Geschwindigkeit ca. 1 cm/sec beträgt und b) solche, deren Geschwindigkeit etwa 3000mal kleiner ist [3]. Diese langsamen Ionen werden „Molionen" oder „schwere Ionen" genannt und sind nach der Ansicht Gockels [4] elektrisch geladene Staubteilchen oder Wassertröpfchen, deren Durchmesser nach Hundertsteln von Mikronen zählt, während man sich die kleinen Ionen von der Größenordnung eines Moleküls denkt.

Die Zahl der Molionen ist bedeutend größer als die der kleinen Ionen; trotzdem ist, und zwar infolge ihrer geringen Geschwindigkeit, ihr Anteil an der Leitfähigkeit der Atmosphäre von untergeordneter Bedeutung; dagegen sind die Molionen wichtig als Kondensationskerne bei Entstehung niedriger, vielleicht auch höherer Wolken [5].

Mache und v. Schweidler sind jedoch der Ansicht, daß die Hauptrolle bei der Elektrizitätsleitung durch die Luft den Molionen zukomme, die hier als Aggregationen von „rund 30 Molekülen" aufgefaßt werden.

Um die Elektrizitätszerstreuung zu messen, bedienten sich Elster und Geitel eines Apparates, der im wesentlichen aus einem Zerstreuungskörper Z und einem damit leitend verbundenen Elektroskope besteht (Fig. 44).

Durch Ladung des Zerstreuungskörpers mittels der Zambonischen Trockensäule mit + oder — Elektrizität bringt man die Aluminiumblättchen des Elektroskops zur Divergenz. Sie bleiben so lange divergent, bis die angehäufte Elektrizität abgeleitet wird. Die Ableitung geschieht bei einem isolierten Instrumente durch die Luft und geht nach größerer oder geringerer Leitfähigkeit derselben schneller oder langsamer vor sich.

Die Luft findet ihren Zutritt durch einen unten offenen, oben geschlossenen Zylinder S, der dem Zerstreuungskörper zum Schutze gegen atmosphärische Einflüsse aufgesetzt wird.

Je nach der Leitfähigkeit der Luft wird die Wegstrecke, welche die

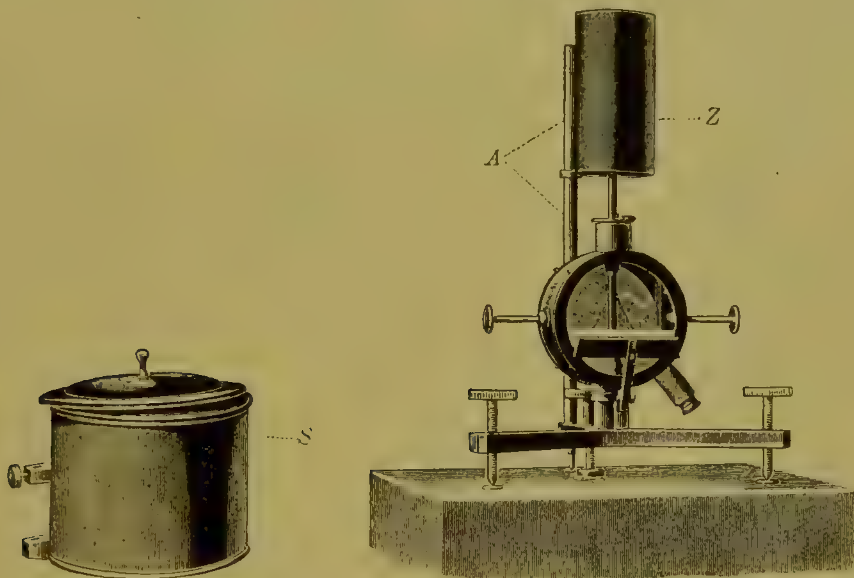


Fig. 44. Apparat zur Messung der Elektrizitätszerstreuung nach Elster u. Geitel.

Blättchen beim Zusammensinken in einer bestimmten Zeit — es wird gewöhnlich durch 15 Minuten beobachtet — zurücklegen, verschieden sein und bildet ein Maß für die Elektrizitätszerstreuung, die man bei einem geeichten Instrumente in Volt ausdrücken kann.

Das Stativ des Apparates muß natürlich, um alle Faktoren bis auf die Atmosphäre auszuschalten, dauernd zur Erde abgeleitet werden.

Der Apparat ist vielfach verbessert worden. Den wichtigsten Fortschritt bedeutet der „Aspirationsapparat" von Ebert, bei dem die Luft mit beliebiger Geschwindigkeit am Zerstreuungskörper vorübergesaugt werden kann [7].

Bei den Messungen der Leitfähigkeit der Atmosphäre mit diesen Apparaten werden häufig die Zerstreuungskoeffizienten a+ und a— als annäherndes Maß der Leitfähigkeit angenommen [8]. Wird nämlich ein Zerstreuungskörper negativ elektrisch geladen und wird seine Ladung von der den Zerstreuungskörper umgebenden Luft schnell zerstreut, so spricht man von einer hohen negativen Leitfähigkeit der Luft: a— hat in diesem Falle einen hohen Wert.

Findet man dagegen bei positiver Ladung des Zerstreuungskörpers eine langsame Zerstreuung der Ladung durch die Luft, so spricht man von einer geringen positiven Leitfähigkeit der Luft: a + besitzt einen geringen Wert.

Da ein negativ geladener Körper von den positiven Ionen entladen wird, so ist, wenn die Leitfähigkeit der Luft für negative Elektrizität groß ist, wenn also a — gleich 2, 3 usw. ist, die Zahl der positiven Ionen in der Luft eine große.

Ist umgekehrt die Leitfähigkeit der Luft für positive Elektrizität groß, so ist die Anzahl der negativen Ionen eine große.

Das Verhältnis des negativen Zerstreuungskoeffizienten zum positiven $\frac{a-}{a+}$ wird mit q bezeichnet. Ist das Maß der negativen Leitfähigkeit a — der Luft größer als das Maß der positiven Leitfähigkeit (a +), so wird q größer als 1 sein; ist z. B. a — = 8, a + = 2, so ist $q = \frac{8}{2} = 4$; im umgekehrten Falle wird q kleiner als 1, oder wenn a — = a + ist, = 1 werden.

In der Ebene pflegt q nahezu = 1 zu sein, d. h. in der Zeiteinheit werden gleiche Mengen positiver und negativer Elektrizität entladen, was bei der geringeren Geschwindigkeit der positiven Ionen nur dadurch möglich ist, daß sie an Zahl überwiegen.

Noch mehr als in der Ebene ist auf Bergspitzen die Zahl der positiven Ionen der der negativen überlegen. Die Leitfähigkeit der Luft für negative Elektrizität ist daher größer als die für positive Elektrizität: a — wird bedeutend größer als a + und damit wächst q weit über 1 [9].

Ein starkes Überwiegen der positiven oder negativen Ionen wird als „unipolare Leitfähigkeit" bezeichnet.

Mazelle [10] fand in Triest im Mittel für a — = 0,60, a + = 0,55, q = 1,09. Elster und Geitel in Wolfenbüttel für a — = 1,35, a + = 1,29, q = 1,04. Im Gebirge dagegen fanden Zuntz-Loewy [11] in der Höhe der Capanna Guifetti (3700 m) a — = 6,18, a + = 2,05, q = 3,0. Auf dem Gipfel des Montblanc fand Le Cades [11] a — = 27,89, a + = 1,675 (Unipolarität!), q = 16,65. Elster [11] erhielt auf dem Piz Languard bei Pontresina (3220 m) a — = 18,41, a + = 1,09, q = 16,9. Zuntz und Durig [11] maßen auf dem Dache der Capanna Regina Margherita (am 6. September 1903): a — = 8,57, a + = 0,31 (auffallende Unipolarität), q = 27,96 [12]. Neue Messungen auf dem Monte Rosa siehe bei Reichel-Durig, Denkschr. der Kais. Akad. Wien 1909, 86. Bd.

„Fallende Winde" — wie Föhn und Bora —, bei welchen Luftschichten schnell aus großer Höhe in die Tiefe stürzen, erhöhen stets die Elektrizitätszerstreuung, wie aus nachfolgender Tabelle an den Werten a + und a — zu ersehen ist und führen mitunter auch die in den Höhen übliche Unipolarität mit sich in die Tiefe.

Czermak [13] fand in Innsbruck folgende Werte an Tagen (s. folg. Tab. a).

Czermak fand auch in Übereinstimmung mit Linß und Elster und Geitel, daß die Zerstreuung im Sommer und zu Beginn des Herbstes am größten, im Winter am kleinsten ist [14] (s. folgende Tabelle b).

Unter den Quellen der Luftionisation wird als die wichtigste die Radioaktivität der Bodenluft angesehen, die ihrerseits ihren Grund im Thorium, Radium und Aktiniumgehalte der Erde hat. Elster und Geitel lieferten zuerst den direkten Beweis für das Vorhandensein einer radioaktiven Erd-

(Tab. a.)	Ohne Föhn			Mit Föhn		
	a —	a +	q	a —	a +	q
	1,12	0,78	1,44	2,84	3,41	0,85
	0,96	1,02	0,94	3.85	2,80	1,37
	0,93	1,32	0,70	3,63	3,65	1,00
	0,71	0,80	0,86	3,36	2,68	1,26
	1,59	1,18	1,34	2,85	3,41	0,84
	1,59	2,32	0,68	4,10	3,37	1,22
	0,37	0,96	0,38	3,19	3,95	0,81
	1,56	1,16	1,34	2,81	1,88	1,48
	1,76	1,68	1,05	4,48	6,16	0,73
	0.81	1,00	0,81	3,06	2,92	1,05
	0,81	1,11	0,73	2,98	2,97	1,00
	0,96	0,97	1,00	5,48	3,91	1,41
	1,27	1,21	1,10	3,34	1,91	**1,75**
	1,51	1,40	1,08	2,64	1,85	1,43
	1,58	1,69	0,93	4,05	2,84	1,43
	1,30	1,88	0,69	2,61	2,61	1,00
	1,43	2,03	0,70	5,68	3,19	**1,78**
	1.60	2,07	0,77	4,53	3,54	1,28
	0,96	0,97	1,00	8,47	8,13	1,04
Mittel	1,20	1,34	0,92	3,89	3,43	1,20

(Tab. b.) Jährlicher Gang der Zerstreuung.

	a —	a +	q
Dezember 1901 . .	1,72	1,80	0,95
Januar 1902 . . .	1,43	1,40	1,09
Februar 1902 . .	1,69	1,72	1,11
März 1902. . . .	2,45	2,81	0,87
April 1902 . . .	2,50	2,84	0,92
Mai 1902	2,79	3,10	0,97
Juni 1902	2,84	3,13	0,92
Juli 1902	**3.63**	**3,86**	0,96
August 1902 . . .	3,04	3,75	0,83
September 1902. .	3,10	3,29	0,94
Oktober 1902 . .	3,11	3,02	1,05
November 1902 . .	2,44	2,60	0,96
Dezember 1902 . .	1,59	1,67	1,04
Januar 1903 . . .	**1,07**	**1,22**	0,87
Februar 1903 . .	1.41	1,44	0,97
März 1903. . . .	2,85	3,04	0,93

emanation [15]. Später fand man, daß manche Bodenarten besonders stark radioaktiv sind [16] (Höhlenlehm von Capri) und daß diese Radioaktivität auch von den Gewässern (Thermalquellen, Moorwässern) angenommen wird [17].

Die stark ionisierte Bodenluft dringt aus dem Erdboden in die Atmosphäre und wird von aufsteigenden Luftströmen und Winden in die Höhe geführt [18].

Je stärker nun der Luftdruck (je höher der Barometerstand) ist, desto schwerer wird es der Bodenluft sein, aus den Poren der Erde aufzusteigen; je geringer der Luftdruck ist, desto mehr wird die Bodenluft hervordringen und die Zahl der Ionen erhöhen. Dies fand auch Zölß bestätigt [19]. In der Regel aber wird durch andere meteorologische Vorgänge dieses Verhältnis verdeckt [20].

Wird das Aufsteigen der aus dem Boden kommenden ionenreichen Luft verhindert, wie dies in Höhlen, Schluchten und engen Tälern mit geringer

Luftbewegung der Fall ist, so sammeln sich die Ionen an, man findet an solchen Orten oft einen hohen Ionengehalt der Luft [21].

Es erklärt sich nun auch der geringere Ionengehalt im Winter, wo Eis und Schnee das Aufsteigen der Bodenluft verhindern.

Eine weitere Ursache der Luftionisation bilden die ultravioletten Strahlen. Da ihnen infolge Absorption durch Wasserdampf und Kohlensäure der Weg in die tieferen Schichten der Atmosphäre beinahe ganz verschlossen ist, beschränkt sich ihre Wirkung auf die höheren Luftschichten, deren Ionisation sie bewirken [22] bzw. verstärken. So erklärt sich die erhöhte Ionisation der Gebirgsluft im Gegensatze zur Luft der Ebene.

Bei der Frage, ob die Ionisation der Luft einen Einfluß auf das Befinden des Menschen habe, wird man vor allem an die auffallende Tatsache erinnert, daß die sogen. Bergkrankheit gerade an Orten mit hoher Luftionisation auftritt: nämlich im Hochgebirge, wo sie aber nicht nur in den höchsten Höhen, sondern noch häufiger in Mulden, engen Tälern und Schluchten mit stagnierender Luft den Wanderer überfällt. Häufig, wenn auch nicht immer, gesellt sich an solchen Orten zur hohen Ionisation der Luft noch eine hohe Radioaktivität derselben. Innerhalb Deutschlands und der angrenzenden Länder wurden diesbezüglich die höchsten Werte in den Alpen, und zwar nicht bloß auf den Spitzen, sondern auch in den Tälern gefunden. So fand Saake [24] in Arosa die radioaktive Emanation im Vergleich zur Luft des Flachlandes um das 3—5fache erhöht.

Dazu kommt weiter, daß nach mehreren Autoren (Pöppig, Tschudi u. a.) die Bergkrankheit am stärksten auftritt bei klarer Luft und wolkenlosem Himmel, weniger bei dunstiger Luft und Niederschlägen. Daß an schönen Tagen die Elektrizitätszerstreuung höher ist, wurde im Anfange dieses Kapitels erwähnt.

Exakte Beobachtungen liegen in dieser Hinsicht nur wenige vor und diese sprechen nicht eindeutig für den Zusammenhang von Wohlbefinden und Luftionisation.

Durig [25] kommt in der zusammenfassenden Beurteilung der auf die Ionisation bezüglichen Verhältnisse während der von ihm und Zuntz im Jahre 1903 ausgeführten Monte-Rosa-Expedition zu dem Resultate: „Wir können mit aller Bestimmtheit sagen, daß in den einzelnen Versuchen im Jahre 1903 gewiß kein Einfluß der Ionisation auf den Gaswechsel nachzuweisen ist“. Diese Ansicht befestigte sich noch bei Durig auf Grund der gemeinschaftlich mit Reichelt gewonnenen Elektrizitätsmessungen während der im Jahre 1906 durchgeführten Monte-Rosa-Expedition [26] und stimmt mit den Ergebnissen von Ducceschi [28], der ebenfalls jeden Einfluß leugnet, überein. Einer privaten Mitteilung von Durig verdanke ich auch den Hinweis, daß das Fehlen der Bergkrankheit in Bergwerken, selbst den hohen der Anden, wo doch die Luft hoch ionisiert sein dürfte, ebenfalls gegen den Einfluß der Ionisation auf den Menschen spricht.

Hoffnungsreicher äußert sich Zuntz [27], der u. a. eine Beobachtung angibt, wo er bei auffallend hoher Unipolarität Atembeschwerden an sich selbst konstatieren konnte.

Versuche aus neuester Zeit von Loewy und Plesch [29] berichten von einem bei mehreren Personen erhobenen Absinken des Blutdruckes unter der Einwirkung von Radiumemanation.

Man wird weitere Beobachtungen abwarten müssen, ehe ein endgültiges Urteil sich ergibt.

Noch weniger erforscht sind die Beziehungen zwischen den Änderungen des elektrischen Potentialgefälles der Atmosphäre und dem Befinden des Menschen. Bei normalem Wetter ist die Luft positiv, die Erde negativ geladen, so daß also eine elektrische Spannungs- oder Potentialdifferenz zwischen Atmosphäre und Erde besteht. Als absolutes Potentialgefälle bezeichnet man die in Volt ausgedrückte Potentialdifferenz zweier über einer ausgedehnten ebenen Fläche gelegener Punkte, dividiert durch ihren in Metern ausgedrückten vertikalen Abstand.

Über der Ebene und bei ruhigem Wetter sind die Flächen gleichen Potentials (Niveauflächen) parallel.

Bei böigem Regen und Gewittern verändert sich das Potentialgefälle; auch über Erhebungen (Türmen, Hügeln, Bergen) sind die Flächen gleichen Potentials einander genähert und das Gefälle gesteigert. Eine physiologische Wirkung scheint jedoch keiner dieser Änderungen in gesetzmäßiger Weise zuzukommen.

Literatur:

1) A. Gockel, Die Luftelektrizität, Leipzig 1908, S. 3 u. 4.
2) Derselbe, l. c., S. 6 u. 13.
3) Langevin, C. R. **140**, 232, 1905 (zitiert bei Gockel, S. 29).
4) Gockel, a. a. O., S. 30.
5) Derselbe, l. c., S. 30 u. 31.
6) Die atmosphärische Elektrizität, Die Wissenschaft **30**, Braunschweig 1909.
7) Eine eingehende Beschreibung der hierher gehörigen Apparate bei Gockel, l. c., S. 6 ff.
8) Gockel, a. a. O. S. 31. Der genaue Wert von $a + = \frac{E}{15 \times 0{,}4343\ (1-n)}$, wobei E die bei positiver Ladung am Zerstreuungskörper in der Zeiteinheit (15 Minuten) neutralisierte Elektrizitätsmenge, n das Verhältnis der Kapazitäten von Elektrometer zu Elektrometer + Zerstreuungskörper bedeutet.
9) Hann, Lehrbuch der Klimatologie, 2. Aufl., Leipzig 1906, S. 554.
10) Gockel, l. c., S. 36.
11) Zuntz, Loewy, Müller, Caspari, Höhenklima und Bergwanderungen, S. 75.
12) Zahlreiche Literaturangaben bei Mache u. Schweidler, Die atmosphärische Elektrizität. Braunschweig 1909, S. 67.
13) Physik. Ztschr., 3. Jahrg., Nr. 9.
14) Czermak, Über Elektrizitätszerstreuung in der Atmosphäre. Wien 1903. Denkschr. d. Kais. Akademie **74**.
15) Gockel, a. a. O., S. 162.
16) Elster u. Geitel, Über Radioaktivität von Erdarten und Quellsedimenten. Physik. Ztschr. **5**, 1904.
17) Himstedt, Über die radioaktive Emanation der Wasser- und Ölquellen. Physik. Ztschr. **5**, 1904; Kohlrausch, Ztschr. f. physik. u. diätet. Therapie 1908, **12**, 111.
18) Hann, l. c., S. 555.
19) Hann, a. a. O., S. 556.
20) Gockel, a. a. O., S. 43/44.
21) Geitel, Physik. Ztschr. **2**, 1900; Elster u. Geitel, Physik. Ztschr. **2**, 1901; vergl. auch Durig, Ergebnisse usw., S. 61.
22) Gockel, l. c., S. 201.
23) Ebenda, S. 178.
24) Saake, Münchn. med. Wochenschr. 1904, **1**, 22.
25) Durig, Physiol. Ergebnisse der im Jahre 1906 durchgeführten Monte-Rosa-Expedition. Über den Erhaltungsumsatz. S. 63 (177). Wien 1909, Denkschr. d. Kais. Akad. Wissenschaften **86**.
26) Zuntz, Loewy, Müller, Caspari, Höhenklima und Bergwanderungen, S. 465.
27) Denkschr. d. Wien. Akad. 1909, **86**.
28) Trabajos del Labor. de Fisiologia von Ducceschi Córdoba 1910.
29) Berliner klin. W. 1911, No. 14, p. 608.

Luftfeuchtigkeit.

Wasserdampf.

Weitaus der größte Teil des Wasserdampfes unserer Atmosphäre stammt vom Meere und zwar, da unter sonst gleichen Umständen das wärmere Wasser rascher zur Verdunstung kommt, von den Ozeanen der tropischen und subtropischen Zonen. Diesen gewaltigen Mengen gegenüber kommen Flüsse und Binnenseen wenig in Betracht, obwohl bei dem höheren Gehalte an Salzen das Meerwasser weniger Wasserdampf abgibt als das salzärmere Fluß- oder Binnenseewasser [1]. Einen starken Einfluß auf den Feuchtigkeitsgehalt nimmt auch der Boden, besonders der stark durchnäßte und mit Pflanzenvegetationen versehene, wegen seiner relativ großen Oberfläche [2]. Die Verdunstung des Wassers findet bei jeder Temperatur statt, so daß auch Eis und Schnee daran, wenn auch entsprechend der niederen Wärme, weniger Anteil nehmen. Bei ruhender Luft würde die Verdunstung über den Wasserflächen bald niedere Werte erreichen, da die Luft entsprechend ihrer Temperatur nur eine bestimmte Menge Wasserdampf aufzunehmen vermag und auf dem langsam wirkenden Wege der Diffusion nur wenig Wasserdampf in die umgebende Luft übergeht. In der Natur wird aber kaum je ein solcher ruhender Zustand der Luft eintreten. Stets sorgen die Luftströmungen für eine Abfuhr und Mischung der Luft, so daß den Wasserflächen immer wieder neue noch ungesättigte Teilchen zugeführt werden. Je rascher dies erfolgt, desto mehr Wasser vermag unter sonst gleichen Umständen zu verdunsten. Weiterhin hängt die Verdunstung vom Luftdrucke ab und zwar ist sie dem Barometerstande umgekehrt proportional. Auf Bergen wird daher mehr Wasser in der Zeiteinheit verdunsten als in den Niederungen, eine Tatsache, die auch in der häufig beobachteten Mumifikation der Leichen im Hochgebirge (St. Bernhard) zum Ausdruck kommt.

Den größten Einfluß auf die Verdunstungsgröße übt der vorhandene Wasserdampfgehalt der Luft aus. Ist die Luft feucht, kann sie nur wenig, ist sie hingegen trocken, viel Wasser aufnehmen und demnach zur Verdunstung bringen.

Es wird sich empfehlen, hier die Ausdrucksformen für den jeweiligen Wasserdampfgehalt der Luft anzuführen.

1. Bringt man in das Toricellische Vakuum über das Quecksilber einen Tropfen Wasser, dessen Gewicht an sich den Stand der Quecksilbersäule unmerklich erniedrigen würde, zeigt sich entsprechend dem Gasdrucke des verdampfenden Wassers ein von der Temperatur abhängiges Absinken der Quecksilbersäule, welches ausgedrückt in Millimetern Quecksilbersäule, ein Maß der Spannkraft des Wasserdampfes ist. Man bezeichnet diese Angabe als Dampfdruck (Tension e). Jeder Temperatur entspricht ein durch Versuche ermittelter maximaler Dampfdruck, den die für diese Temperatur mit Wasserdampf gesättigte Luft ausübt (maximale Tension E) [3] [4].

2. Wenn man in einer gegebenen Volumseinheit, z. B. in 1 cbm den Wasserdampf durch Wägung bestimmt und das Resultat in Grammen zum Ausdrucke bringt, so erhält man die absolute Feuchtigkeit. Es ist einleuchtend, daß für die maximale Sättigung der Luft mit Wasserdampf eine

für jede Temperatur feststehende Gewichtsmenge sich ergeben muß. Wir bezeichnen das Gewicht dieser Wasserdampfmenge als die maximale Feuchtigkeit für die betreffende Temperatur. Da durch Zufall im metrischen Systeme die Zahlen für die Tension des Wasserdampfes ausgedrückt in Millimetern Quecksilber und die für die gleiche Temperatur geltenden Werte für die maximale Feuchtigkeit ausgedrückt in Grammen pro Kubikmeter nahezu übereinstimmen, ist für hygienische Zwecke zumeist ihre gegenseitige Vertretung möglich.

3. Wenn wir das Verhältnis der in der Luft vorhandenen Menge Wasserdampf zur maximalen in der Weise in Beziehung setzen, daß wir die maximale Feuchtigkeit gleich 100 setzen, so erhalten wir die absolute Feuchtigkeit nicht mehr in der Gewichtseinheit, sondern in Prozenten der maximalen Feuchtigkeit. Diese sehr bequeme Ausdrucksform, welche uns z. B. die Haarhygrometer direkt vermitteln, nennt man relative Feuchtigkeit. Bezeichnen wir die maximale Feuchtigkeit mit m, die absolute mit a, so ist $m : a = 100 : r$, wobei r die relative Feuchtigkeit ist. Umgekehrt erhalten wir durch die Angaben der relativen Feuchtigkeit die absolute Feuchtigkeit nach

$$a = \frac{r \cdot m}{100}.$$

4. Zieht man den Wert der absoluten Feuchtigkeit (a) von der für die betreffende Temperatur möglichen maximalen (m) ab, so erhält man die Menge Wasserdampf in der Gewichtseinheit, welche die Luft noch bis zu ihrer maximalen Sättigung aufnehmen könnte, das Defizit ihrer Sättigung, das Sättigungsdefizit.

5. Ebenso kann man die Differenz der herrschenden Spannung des Wasserdampfes und der maximalen Tension ermitteln und erhält so das „Spannungsdefizit“ in Millimetern Quecksilbersäule.

6. Da eine Luftmenge bei einer bestimmten Temperatur nur eine bestimmte Menge Wasserdampf enthalten kann, so muß es bei Herabsetzung der Wärme zu einer Abscheidung des Wasserdampfes kommen. Diese Temperatur, bei welcher die Kondensation eben eintritt, ist der Taupunkt. Man erhält diesen Wert mit Hilfe der sog. Kondensationshygrometer, welche in dem bekannten Instrumente von Daniell den Hauptvertreter besitzen. Aus dem Taupunkte und der herrschenden Temperatur lassen sich alle oben erörterten Feuchtigkeitswerte leicht mit Hilfe von Tabellen berechnen, welche Angaben über die maximale Tension und die maximale Feuchtigkeit enthalten.

7. Bei theoretischen Rechnungen ist es dem Physiker häufig bequemer, den Wasserdampf nicht auf die Volum-, sondern auf die Gewichtseinheit zu beziehen. Man bezeichnet diese Ausdrucksform: Gramme Wasserdampf pro Kilogramm Luft als die spezifische Feuchtigkeit.

Die Werte für die spezifische Feuchtigkeit sind kleiner als die maximalen Tensionen und die maximale Feuchtigkeit, da 1 cbm Luft bei 0^0 1293 g, bei 10^0 1247 g, bei 20^0 1205 g und bei 30^0 1165 g wiegt.

Die folgende Tabelle [5] veranschaulicht die Größen, welche für die Bestimmung der Feuchtigkeit maßgebend sind. Für praktische Zwecke sind allerdings die Temperaturintervalle von 5^0 zu groß.

Temperatur	Maximum des Dampfdrucks E mm Hg	Maximales Gewicht des Wasserdampfs in g	Änderung pro Grad	Gewicht des Wasserdampfs (g) in 1 kg gesättigt-feuchter Luft bei einem Luftdrucke von: 760 mm	600 mm	400 mm
— 25	0,50	0,81	0,05	0,41	0,52	0,78
— 20	0,81	1,04	0,08	0,66	0,84	1,26
— 15	1,28	1,55	0,12	1,05	1,33	1,99
— 10	2,00	2,28	0,17	1,64	2,08	3,11
— 5	3,07	3,38	0,25	2,51	3,19	4,79
0	4,60	4,90	0,33	3,78	4,81	7,19
5	6,58	6,85	0,43	5,41	6,86	7,22
10	9,14	9,34	0,57	7,53	9,53	10,30
15	12,67	12,74	0,75	10,46	13,25	14,35
20	17,36	17,15	0,98	14,35	18,64	19,97
25	23,52	22,84	1,25	19,51	24,78	27,48
30	32,51	30,09	1,59	26,23	—	—

Verteilung des Wasserdampfes auf der Erde.

Da entsprechend der Temperatur die Menge des aufnehmbaren Wasserdampfes ansteigt, so findet man mit zunehmender Breite ein Absinken der absoluten Feuchtigkeit. Sehr schön zeigt dies die folgende Tabelle [6].

	Dezember bis Februar	März bis Mai	Juni bis August	September bis November	Jahr
60—70° nördl. Br.	1,2	2,1	6,2	2,8	3,1
50-60 „	2,2	3,8	8,8	4,7	4,9
40—50 „	3,9	6,0	10,8	7,2	7,0
30—40 „	6,5	8,6	13,4	10,1	9,7
20—30 „	10,4	13,6	17,1	15,0	13,8
10—20 „	15,3	17,0	19,6	16,8	17,2
Äqu. —10 „	17,7	18,9	19,9	19,3	18,9
Äqu. —10 südl. Br.	19,4	19,0	17,9	18,3	18,7
10—20 „	18,0	17,1	14,6	16,0	16,4
20—30 „	14,6	14,0	11,1	13,0	13,2
30—40 „	11,1	10,4	8,1	9,6	9,8
40—50 „	8,3	7,1	5,9	6,6	7,0

Das Jahresmaximum liegt etwas nördlich vom Äquator, da die nördliche Hemisphäre etwas wärmer ist als die südliche. Im Sommer der nördlichen Halbkugel bemerkt man ein Ansteigen der absoluten Feuchtigkeit ziemlich entsprechend dem Anstiege in der südlichen Halbkugel in den Monaten Dezember bis Januar, der heißesten Zeit für jene Breiten. Die relative Feuchtigkeit hat hingegen ein nur schwach ausgeprägtes Maximum etwas südlich vom Äquator, ein Minimum bei etwa 25° südlicher und 30° nördlicher Breite. um wieder gegen die Pole aufzusteigen; die mittleren Schwankungen sind nicht sehr bedeutend, von etwa 69 bis über 80 Proz.

Gegen das Innere der Kontinente nimmt der Dampfdruck im Jahresmittel etwas ab. Im allgemeinen schließen sich seine Linien den Isothermen an. Auch die relative Feuchtigkeit nimmt von den Küsten der Kontinente landeinwärts ab; jedoch in den höheren Breiten, wo die Wintertemperaturen im Innern der Kontinente sehr niedrig sind, trifft dies nur für die warme Jahreshälfte zu, im Winter genügen für die niederen Temperaturen schon

sehr kleine Dampfmengen, um der Luft eine hohe relative Feuchtigkeit zu erteilen.

Die Ursache dieser Abnahme wird verständlich, wenn man erwägt, daß der größte Teil des Wasserdampfgehaltes den Ozeanen entstammt, und daß beim Überschreiten der Luft über Gebirgskämme infolge der Abnahme der Temperatur mit der Höhe eine Kondensation des Wasserdampfes eintritt.

Sehr lehrreich ist folgende kleine Zusammenstellung [7].

		Greenwich	Wien	Südwest-Sibirien
Januar . .	Dampfdruck relative Feuchtigkeit	5,2 mm 88 Proz.	3,5 mm 84 Proz.	1,5 mm 85 Proz.
Juli . . .	Dampfdruck relative Feuchtigkeit	10,5 mm 70 Proz.	11,6 mm 68 Proz.	11,0 mm 51 Proz.

Mit der Höhe nimmt, wie schon erwähnt, der Wasserdampfgehalt rasch ab und zwar im Gebirge etwas langsamer als in der freien Atmosphäre. Hann hat die Ergebnisse von Süring [8], welche sich auf die freie Atmosphäre beziehen, durch Rechnung hinsichtlich der Werte über Gebirgen ergänzt und gibt folgende Tabelle:

Abnahme des Dampfdrucks mit der Höhe (nach Kilometern).
Der Dampfdruck in Meereshöhe = 1.

Höhe in Kilometern	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3	4	5	6	7	8
Freie Atmosphäre	0,83	0,68	0,51	0,41	0,34	0,26	0,17	0,11	0,054	0,028	0,013
Gebirge	0,83	0,70	0,58	0,48	0,40	0,34	0,23	0,16	—	—	—

Demnach beträgt der Wasserdampfgehalt bei einer Höhe von 3000 m nur mehr $^1/_4$ und selbst bei 1500 m nur mehr $^1/_2$ des Wertes im Meeresniveau. Da beim Aufstiege auf das Gebirge die Luft ihren Wasserdamfgehalt durch Kondensation (Regen, Schnee usw.) verliert, ist es leicht verständlich, daß selbst niedere Gebirgskämme bedeutende Wetterscheiden sein können.

Täglicher Gang des Dampfdruckes und der relativen Feuchtigkeit.

Der Dampfdruck hat tägliche und jährliche Schwankungen [9]. Letztere gehen annähernd mit der Temperatur parallel, während die täglichen Schwankungen nur in jenen Gegenden, in denen die Erwärmung der Erdoberfläche keine besonders große Rolle spielt, sich dem Temperaturgange anschließen.

Dies gilt für die Luft über größeren Wasserflächen und auf dem Lande in der kalten Jahreszeit. Im allgemeinen finden wir aber auf dem Lande folgendes Verhalten:

Am kleinsten ist der Dampfdruck zeitlich morgens zur Zeit des Minimums der Temperatur, mit zunehmender Wärme steigt er rasch an, jedoch nur bis etwa 8—9^h vormittags, dann nimmt er wieder ab, um nachmittags von 3—4^h ein zweites Minimum, das in trocknen heißen Gegenden das Hauptminimum ist, zu erreichen. Hierauf steigt der Dampfdruck rasch bis

zum Abend, um zwischen 8—10^h ein zweites Maximum zu erreichen, worauf er wieder bis zum Morgen abfällt.

Hann gibt zwei Beispiele an. Auf dem Großen Ozean folgen die Schwankungen einfach der Temperatur. Im mittelasiatischen Wüstengebiet sind im Sommer zwei Maxima und Minima ausgeprägt, die allerdings kleine Abweichungen hinsichtlich der Zeit ihres Eintritts von dem oben geschilderten Gange aufweisen. Im Winter weist auch Nukuß nur ein Maximum um 4^h post meridiem und ein Minimum um 6^h ante meridiem auf (Fig. 45).

Abweichungen des Stundenmittels des Damfdrucks vom Tagesmittel [10].

	Mitternacht	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	Mittags	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h
Großer Ozean, beob. auf der Novara; mittl. Dampfdruck 18,8 mm	—0,25	—0,40	—0,47 Min.	—0,36	—0,06	+0,29	+0,51	+0,49	+0,31	+0,11	—0,03	—0,13
Nukuß, Mittelasiat. Wüstengeb., Sommer; mittl. Dampfdruck 8,92 mm	+0,45	+0,31	+0,18 Min.	+0,78 Max.	+0,45	—0,39	—1,05	—1,25 Min.	—0,79	+0,08	+0,68 Max.	+0,51
Ebda., Winter; mittl. Dampfdruck 3,32 mm	—0,09	—0,20	—0,32	—0,39 Min.	—0,34	—0,02	+0,18	+0,36	+0,41 Max.	+0,26	+0,16	—0,01

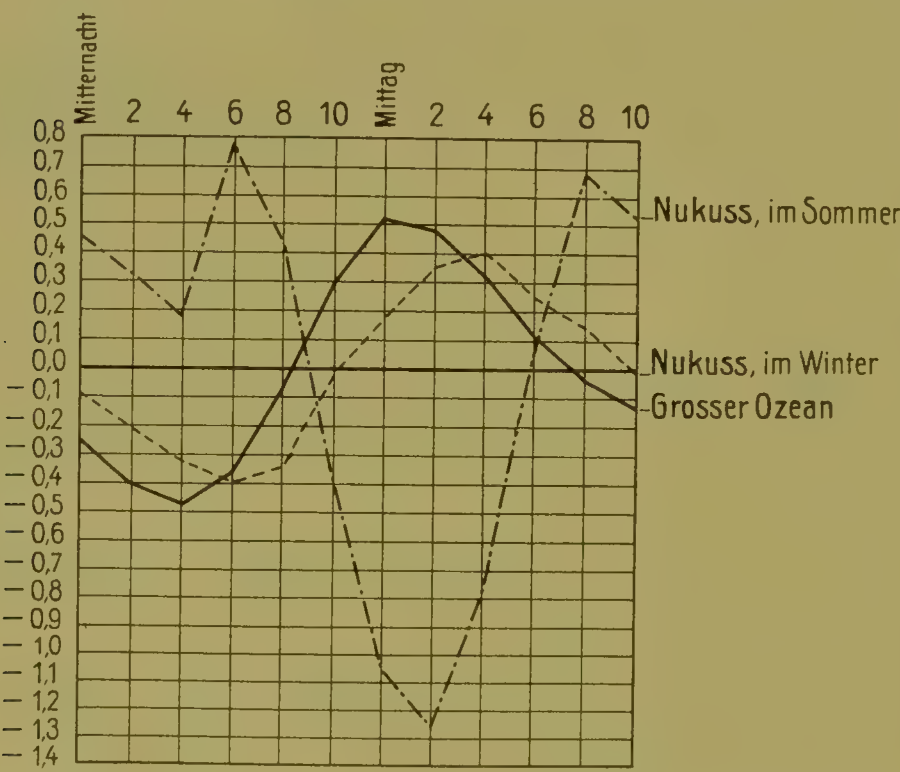


Fig. 45. Graphische Darstellung der vorstehenden Tabelle.

Während sich die gleichnamige Erhöhung von Dampfdruck und Temperatur ungezwungen aus der größeren Wasserdampfkapazität der wärmeren Luft erklären läßt, sind bei den Kurven mit gedoppeltem Maximum und Minimum verwickeltere Verhältnisse zu berücksichtigen.

Über den erwärmten Landflächen entwickelt sich eine aufsteigende Bewegung der Luft [11], welche eine Mischung der oberen trockneren Schichten mit den unteren feuchteren bewirkt, wodurch die letzteren trockner werden und ihr Dampfdruck absinkt. Sobald abends die Bodenerwärmung und mit ihr der aufsteigende Luftstrom aufhört, steigt der Dampfdruck wegen der Dampfzufuhr vom Boden aus, bis die abnehmende Temperatur eine Kondensation hervorruft (Taubildung), so daß die Minima von Temperatur und Dampfdruck zusammenfallen. Mit der zunehmenden Erwärmung und der hier-

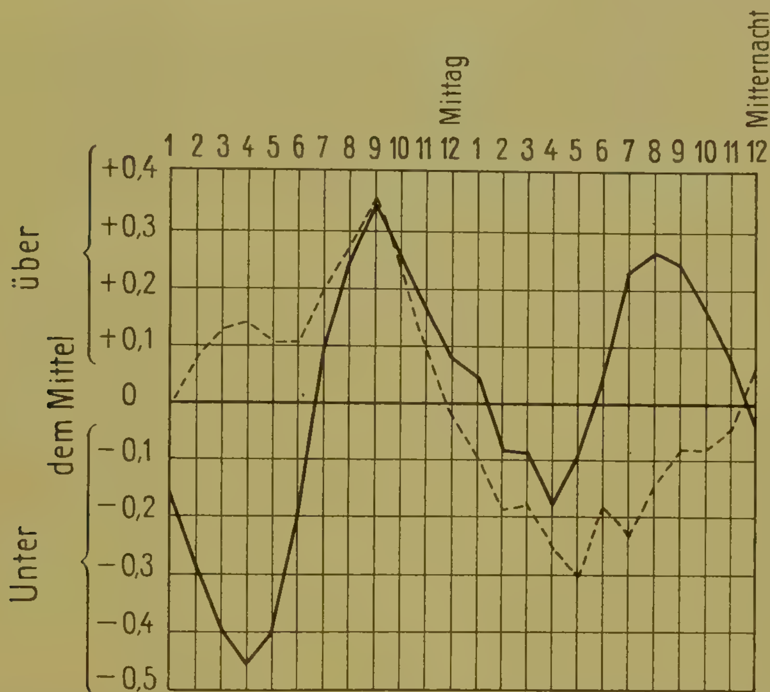


Fig. 46. Täglicher Gang des Dampfdruckes auf dem Eiffelturm (punktierte Linie) und zu Paris (ausgezogene Linie).

durch beförderten Wasserverdunstung steigt der Dampfdruck bis der erwähnte aufsteigende Luftstrom einsetzt. Das Gesagte gilt nur für Luftschichten, welche dem Erdboden ganz nahe stehen. Schon in geringen Höhen, z. B. nach den Beobachtungen von Angot [12] auf dem Eiffelturm in Paris in einer Höhe von 300 m ändert sich, wenigstens in der warmen Jahreszeit, der Gang ganz wesentlich.

Wie aus dem Diagramme (Fig. 46) hervorgeht, ist das Minimum, welches in Paris (Park St. Maur) um 4^h früh eintritt, auf dem Eiffelturme durch ein Nebenmaximum ersetzt. Die Hauptmaxima treten gleichzeitig um 9^h vormittags ein. Das Nachmittagsminimum der Ebene ist in der Höhe um eine Stunde verzögert und etwas vertieft, wogegen das zweite Maximum der Ebene um 8^h abends bei mehrstündiger Verspätung nur leicht angedeutet ist. Die Schwankungen sind kleiner als in der Nähe des Bodens. Im Winter fehlen sie fast vollständig.

Vormittag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Paris . . .	−0,16	−0,28	−0,39	−0,45*	−0,40	−0,19	0,09	0,25	**0,35**	0,25	0,16	0,08
Eiffelturm .	0,00	0,09	0,13	**0,14**	0,11*	0,11	0,20	0,28	**0,36**	0,24	0,09	−0,02

Nachmittag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Paris . .	0,05	−0,08	−0,09	−0,18*	−0,09	0,05	0,23	**0,27**	0,25	0,17	0,07	−0,03
Eiffelturm.	−0,09	−0,19	−0,18	−0,26	−0,30*	−0,18	−0,23	−0,14	−0,08	−0,08	−0,04	0,05

Auf Bergen folgt der tägliche Gang des Dampfdrucks etwas zeitlich verschoben der Temperatur. Der mit der Erwärmung der Berge einsetzende Talwind bringt Feuchtigkeit in die Höhe, während umgekehrt der abendliche Bergwind die Bergluft trockener macht.

Hann hat den täglichen Gang des Dampfdrucks für den Sonnblick (3106 m), mit dem für das Faulhorn (2673 m), den Grands Mulets (3010 m) und den Gipel des Ontake in Japan (3055 m) ermittelten Werten verglichen und eine gute Übereinstimmung gefunden. Im Mittel dieser Beobachtungen tritt im Sommer das Minimum um 6^h früh, das Maximum um 2^h mittags ein [14].

Dem Gange des Dampfdrucks ist der tägliche Gang der relativen Feuchtigkeit meist entgegengesetzt. Mit der Zunahme der Temperatur fällt die relative Feuchtigkeit, weil die Aufnahme des Wasserdampfs meist nicht der Temperaturzunahme Schritt zu halten vermag. Da über großen Wasserflächen und an der Küste günstigere Bedingungen für die Wasserdampfzufuhr vorliegen, als auf dem Binnenlande, ist es begreiflich, daß im letzteren Falle die Schwankungen der relativen Feuchtigkeit größer, im ersteren jedoch geringfügig sein werden. Ebenso vergrößern sich die Unterschiede mit den Schwankungen der Temperatur. Daß z. B. in Gegenden, die durch periodische Land- oder Seewinde ausgezeichnet sind, der Feuchtigkeitsgehalt der Luftströmungen auf die Kurven einwirkt, ist einleuchtend.

Im allgemeinen erreicht die relative Feuchtigkeit ihr Maximum zur Zeit des Temperaturminimums, ihr Minimum dagegen zur Zeit der höchsten Tagestemperatur, wie die nachfolgende Tabelle beweist [15]. (Vgl. Fig. 47.)

Täglicher Gang der relativen Feuchtigkeit und Temperatur in Wien, im Juli 1905, Hohe Warte (203 m ü. M.).

Zeit	1a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Mittag 12
Relative Feuchtigkeit in Proz. .	79	81	82	83	83	80	77	74	70	67	64	60
Temperatur . . .	15,0	14,6	14,4	14,1	14,0	14,5	15,5	16,4	17,4	18,3	19,1	19,9

Zeit	1p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Mitternacht 12
Relative Feuchtigkeit in Proz. . .	59	58	59	59	59	62	67	70	73	75	76	78
Temperatur . . .	20,4	20,7	20,8	20,7	20,4	19,8	18,7	17,6	16,9	16,2	15,7	15,2

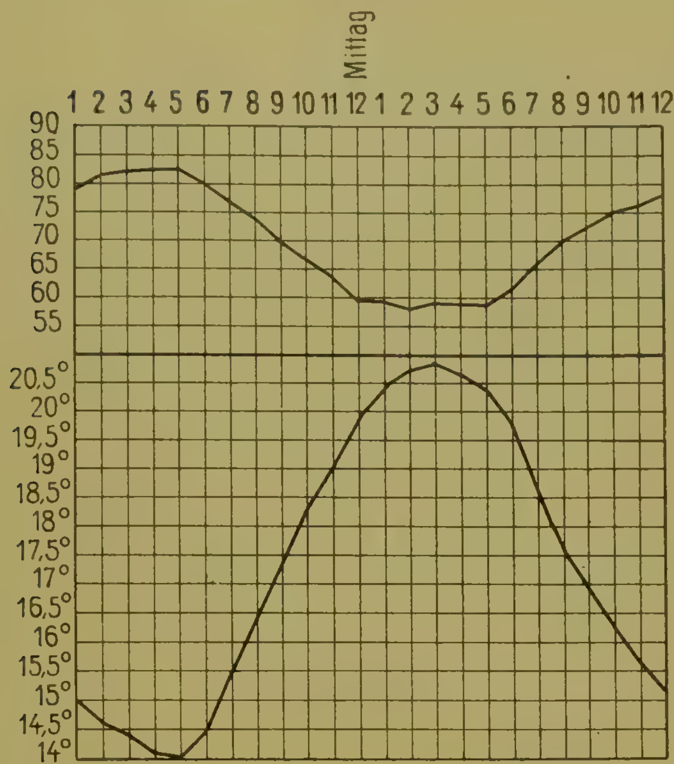


Fig. 47. Täglicher Gang der rel. Feuchtigkeit (obere Kurve) und der Temperatur (untere Kurve) in Wien im Juli 1905.

Einen scharf ausgeprägten täglichen Gang der relativen Feuchtigkeit zeigt Kairo. Der Tabelle sind auch die Temperaturen und die Dampfdrucke beigefügt [16].

		Mitternacht	3	6	9	Mittag	3	6	9	Mittel	Amplitude
Winter: November bis Januar	relative Feuchtigkeit in Proz.	72	80	82	66	48	44	59	67	65	38
	Dampfdruck in mm Hg	7,3	7,2	7,0	7,5	7,5	7,3	7,8	7,6	7,4	0,8
	Temperatur	12,7	11,3	10,7	14,9	19,9	20,7	16,9	14,9	15,3	—
Sommer: Mai bis Juli	relative Feuchtigkeit in Proz.	67	79	79	52	34	28	35	51	53	51
	Dampfdruck in mm Hg	15,4	15,7	16,1	16,2	13,9	12,3	12,9	14,6	14,7	3,9
	Temperatur	21,7	18,8	20,1	26,5	32,0	33,9	31,2	25,5	26,2	—

Im Winter und Sommer sind der Gang der relativen Feuchtigkeit und die Temperatur einander entgegengesetzt. Im Winter weist der Dampfdruck zwei Maxima und Minima auf, im Sommer ist die Kurve des Dampfdrucks einfach, da das Morgenminimum und das Abendmaximum fehlt. Sehr schön ausgeprägt ist der Abfall des Dampfdrucks zur Zeit der höchsten Temperatur. Vgl. das Diagramm. (Fig. 48.)

Jährlicher Gang des Dunstdruckes und der relativen Feuchtigkeit.

Viel enger als der tägliche Gang des Dunstdrucks schließt sich der jährliche der Temperaturkurve an. Demnach sind die Schwankungen über den Kontinenten beträchtlich größer als über dem Ozean und an der Küste,

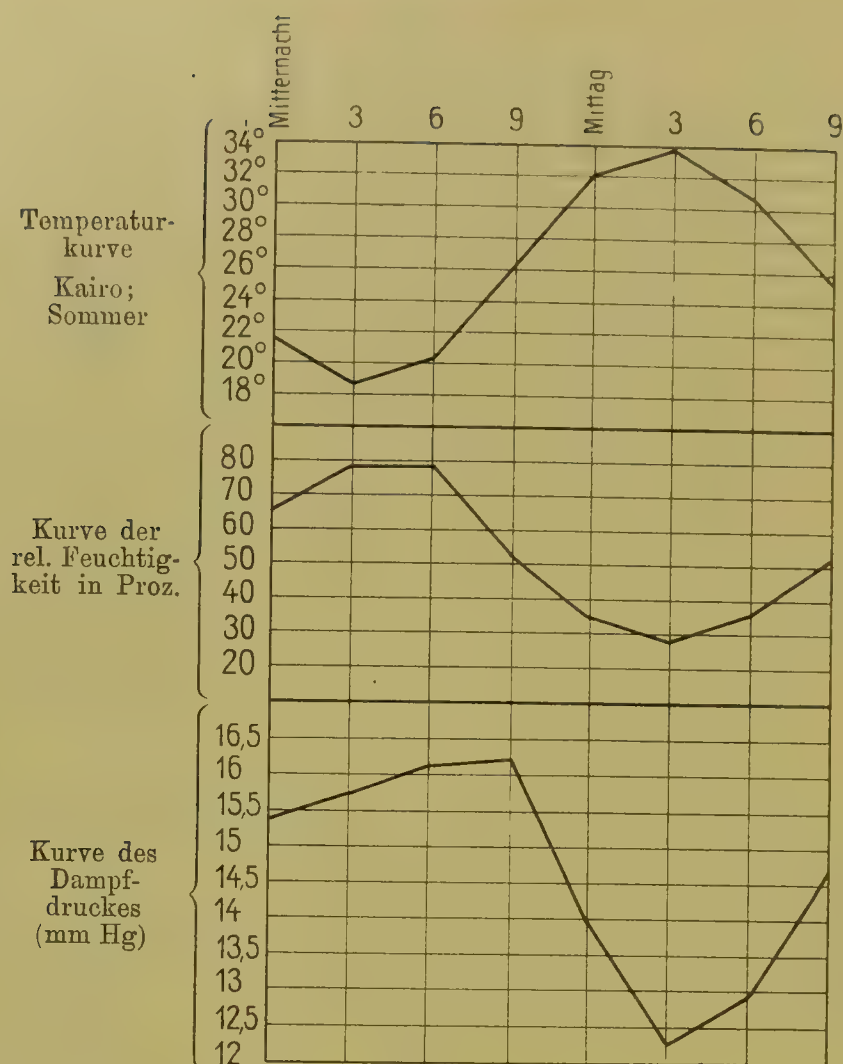


Fig. 48. Kurven des täglichen Ganges der Temperatur, der relativen Feuchtigkeit und des Dampfdruckes in Kairo in den Sommermonaten.

wo sie nahezu vollkommen dem Maximaldrucke des Wasserdampfs der betreffenden Temperatur parallel gehen. Auf dem Lande vermag der Dampfdruck mit den großen Schwankungen der Temperatur nicht Schritt zu halten, obwohl er sich beträchtlich mit dem Anstiege der Temperatur erhebt. Die Verhältnisse im deutschen Binnenlande und den klimatisch verwandten Ländern stehen zwischen den kontinentalen und den maritimen; zum Beispiel [17]:

		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oktober	November	Dezember	Jahr
Berlin	Temperatur	—2,17	+0,32	4,73	8,58	13,57	16,97	**18,41**	18,06	14,61	9,57	3,54	0,17	8,86
	Dampfdruck	3,9	4,1	4,5	5,3	7,1	9,6	**10,7**	10,6	8,8	7,2	5,1	4,2	6,6
	relative Feuchtigk.	**84**	80	75	69	64	66	67	69	73	79	83	**84**	74
Wien	Temperatur	—1,3	0,4	4,1	10,0	15,1	18,6	**20,3**	19,6	16,1	10,5	3,7	—0,8	9,7
	Dampfdruck	3,6	3,8	4,4	5,6	8,3	10,1	**11,9**	11,0	9,3	7,4	4,8	3,7	7,0
	relative Feuchtigk.	**84**	79	72	63	64	64	63	66	69	76	80	83	72

Die größten Schwankungen zeigt der Dunstdruck an Orten mit sehr kalten Wintern und sehr warmen, feuchten Sommern. Auch die Gegenden mit starken Monsunen, in denen trockenen Landwinden im Winter, feuchte Seewinde des Sommers folgen, zeigen große Schwankungen des Dunstdrucks. Auch der Gang der relativen Feuchtigkeit ist von dem Feuchtigkeitsgehalte

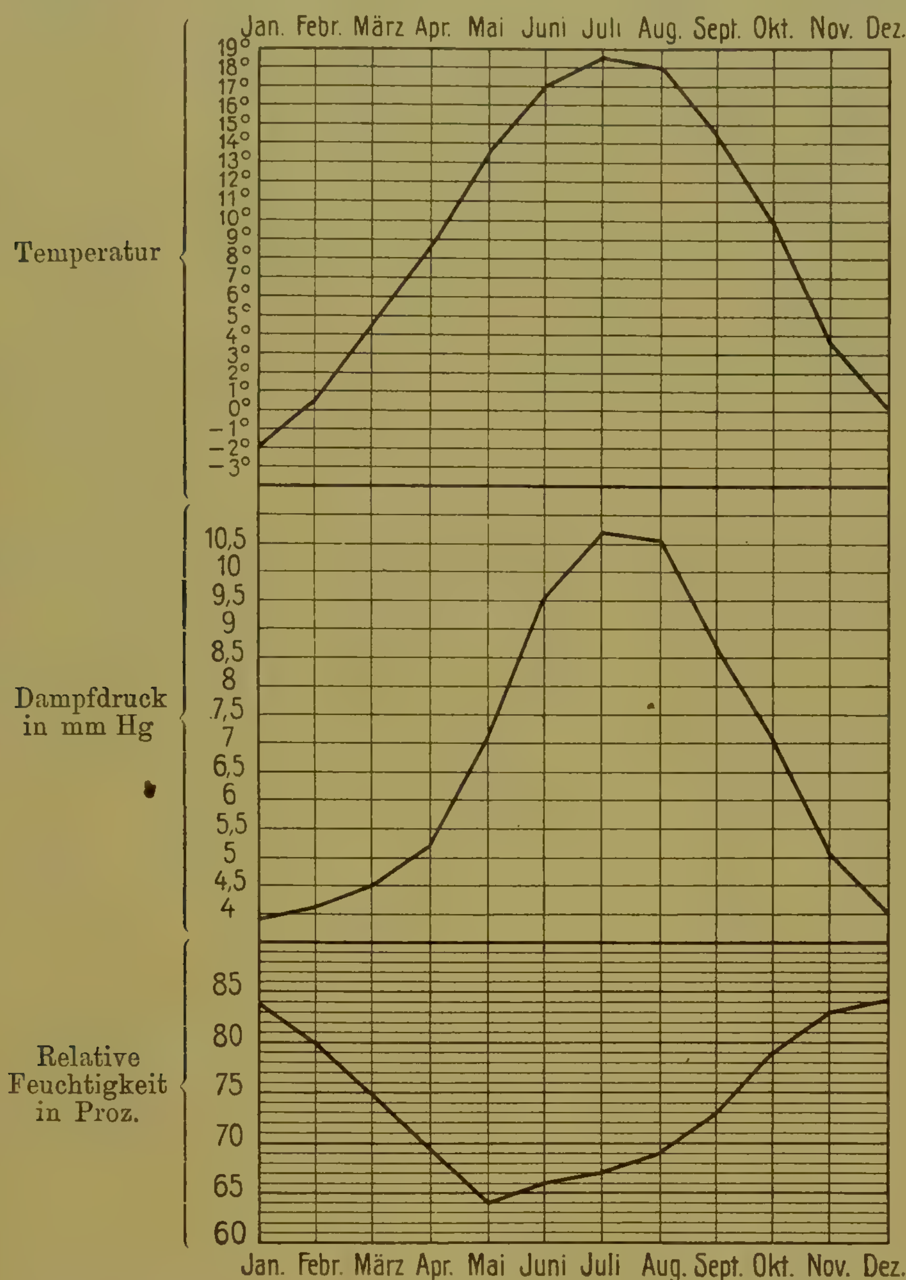


Fig. 49. Jährlicher Gang der Temperatur, des Dampfdruckes und der relativen Feuchtigkeit in Berlin.

und der Richtung der Winde abhängig. Im Innern der Kontinente folgt er dem Gange der Temperatur, jedoch im umgekehrten Sinne. (Vgl. das Diagramm für Berlin.) (Fig. 49.)

Das Sättigungsdefizit.

Wie zuerst von Wild [18] betont worden ist, läßt sich aus der Differenz von maximaler und absoluter Feuchtigkeit ein Wert bilden, dessen Bedeu-

tung für die Hygiene besonders von Flügge [19] den Meteorologen [20] gegenüber verfochten und von Denecke [21] näher studiert worden ist. In der Folge lieferten wertvolle Arbeiten Hugo Meyer [22], der auch den jährlichen Gang des Sättigungsdefizits für einige Orte Norddeutschlands erhob. Daß dem Sättigungsdefizit eine Bedeutung zukommt, erhellt daraus, daß die Verdunstung (Evaporation), ein eminent wichtiger klimatischer Faktor, bei gleichem Luftdrucke und Windstille, bzw. gleicher Windstärke dem Sättigungsdefizit proportional ist.

Der tägliche Gang des Sättigungsdefizits zeigt nach den Beobachtungen Meyers auf den kontinentalen Beobachtungsstationen morgens das Minimum, mittags um 2^h ein Maximum und abends einen Abfall, welcher jedoch das Morgenminimum nicht erreicht. Nur im Seeklima (Borkum) ist das Minimum statt am Morgen in den Abendstunden. Am Kontinente ist also der Abend trockner als der Morgen.

Sättigungs-(Spannungs-)Defizit, Druck in Millimeter Hg.

	Berlin			Breslau			Borkum		
	6^a	2^p	10^p	6^a	2^p	10^p	8^a	2^p	8^p
Januar . .	0,6	1,0	0,6	0,4	1,1	0,7	0,4	0,6	0,4
Februar . .	0,7	1,6	0,9	0,6	1,6	0,8	0,3	0,6	0,4
März . . .	0,9	3,2	1,5	0,7	3,0	1,3	0,6	1,3	0,6
April . . .	1,3	5,6	2,4	1,1	5,1	2,1	1,2	2,1	0,9
Mai . . .	2,3	8,7	3,8	1,6	7,1	3,0	1,8	2,6	1,3
Juni . . .	3,3	9,7	5,0	2,2	8,9	3,7	2,3	3,2	1,4
Juli . . .	3,2	10,7	5,2	2,8	10,3	4,5	2,5	3,7	1,8
August . .	2,1	8,7	3,7	1,8	8,3	3,1	2,1	3,5	1,6
September .	1,6	7,3	3,0	1,4	7,5	2,4	1,5	2,7	1,0
Oktober . .	1,0	3,1	1,4	0,9	3,6	1,4	1,0	1,5	0,9
November .	0,9	1,7	1,1	0,7	1,8	1,0	0,7	0,9	0,7
Dezember .	0,5	0,9	0,7	0,5	1,0	0,6	0,4	0,5	0,4
Winter . .	0,6	1,2	0,7	0,5	1,2	0,7	0,4	0,6	0,4
Frühling . .	1,5	5,8	2,6	1,1	5,1	2,1	1,2	2,0	0,9
Sommer . .	2,9	9,7	4,5	2,3	9,2	3,8	2,3	3,5	1,6
Herbst . .	1,2	4,0	1,8	1,0	4,3	1,6	1,1	1,6	0,9
Jahr . . .	1,5	5,2	2,4	1,2	4,9	2,0	1,2	1,9	0,9

Jährlicher Gang der Tagesmittel.

	Berlin	Posen	Breslau	Cassel	Kiel	Hamburg	Borkum
Januar . .	0,7	0,6	0,7	0,6	0,3	0,4	0,5
Februar . .	1,1	0,8	1,0	1,0	0,4	0,6	0,4
März . . .	1,9	1,4	1,7	1,8	0,7	1,3	0,8
April . . .	3,1	2,4	2,8	2,9	1,6	2,5	1,4
Mai . . .	4,9	4,0	3,9	4,3	2,7	3,8	1,8
Juni . . .	6,0	4,9	5,0	4,4	**3,0**	**4,2**	2,3
Juli . . .	**6,4**	**5,4**	**5,9**	**4,7**	2,7	3,6	**2,7**
August . .	4,8	3,9	4,4	3,7	2,0	3,2	2,4
September .	4,0	3,4	3,8	2,5	1,3	2,3	1,4
Oktober . .	1,8	1,5	2,0	1,4	0,9	1,2	1,1
November .	1,2	0,8	1,2	1,1	0,5	0,7	0,8
Dezember .	0,7	0,5	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4
Winter . .	0,8	0,6	0,8	0,8	0,3	0,5	0,4
Frühling . .	3,3	2,7	2,8	3,0	1,7	2,5	1,3
Sommer . .	5,7	4,7	5,1	4,3	2,6	3,7	2,5
Herbst . .	2,3	1,9	2,3	1,7	0,9	1,4	1,1
Jahr . . .	3,0	2,5	2,7	2,4	1,4	2,0	1,4
Amplitude .	5,7	4,9	5,2	4,1	2,7	3,8	2,3

Der tägliche Gang des Sättigungsdefizits schließt sich der Temperaturkurve annähernd an. Dasselbe gilt auch für den jährlichen Verlauf. Demnach findet man seltener im Dezember, meist im Januar den geringsten, im Sommer und zwar meist im Juli, seltener (Kiel und Hamburg) schon im Juni den Maximalwert. Es ist also, entsprechend unserem Empfinden, der Sommer die trockenste, der Winter die feuchteste Jahreszeit. Aus den Tabellen ergibt sich auch, daß in den untersuchten Orten der Frühling trockner als der Herbst ist. Aus dem Verhalten der Temperatur erklärt sich, daß die Amplitude im Binnenlande größer als an der Küste, im Osten größer als im Westen ist.

Die Größe des Sättigungsdefizits ist von lokalen Einflüssen, insbesondere von der Richtung der Winde und des hierdurch bedingten Feuchtigkeitsgehalts abhängig. Bei trocknen Winden und höheren Temperaturen erreicht es ganz außerordentliche Werte. Interessant sind die Angaben Meyers über den Föhn in Bludenz. So stieg am 24. und 25. November 1870 das Sättigungsdefizit von 11,2 auf 17,7 innerhalb 24 Stunden, bei einem Wärmezuwachs von 15^0 auf 22,0^0. Am 11. Juli 1870 betrug das Sättigungsdefizit 30,1 bei einer Luftwärme von 33,0^0 C.

Die Luftfeuchtigkeit in den Städten.

Der Gang des Dampfdrucks und demnach aller Werte für die Luftfeuchtigkeit erleidet durch die städtische Verbauung Veränderungen gegenüber dem Lande, welche eine Stütze für die Behauptung bilden, daß man berechtigt ist, von einem Stadtklima zu sprechen. Von dem Meteorologen als Störung seiner Beobachtungen empfunden, sind diese Abweichungen vom größten Interesse für den Hygieniker. Hann [23] legte in seiner Abhandlung über die meteorologischen Verhältnisse von Wien folgende interessante Daten nieder.

		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oktober	November	Dezember	Jahr
Dampfdruck	a) Stadt	3,6	3,8	4,4	5,7	8,2	10,0	10,9	11,0	9,3	7,3	4,8	3,7	6,9
	b) hohe Warte	3,5	3,8	4,5	6,0	8,1	10,4	11,6	11,4	9,6	7,3	5,1	3,9	7,1
	Differenz b—a	—0,1	—	+0,1	0,3	—0,1	+0,4	0,7	0,4	0,3	—	0,3	0,2	0,2
relative Feuchtigkeit	a) Stadt	83	79	71	62	63	63	62	65	68	75	79	83	71
	b) hohe Warte	84	80	72	67	68	69	68	70	75	80	83	84	75
	Differenz b—a	1	1	1	5	5	6	6	5	7	5	4	1	4

Es ist also die Stadtluft trockner, als die Landluft, was sich im Sommer wegen der höheren Temperatur, die überdies in der Stadt (siehe das Kapitel Temperatur) jene der Landluft übertrifft, besonders deutlich bemerkbar macht.

Ähnliche Ergebnisse erhielt auch Kremser [24], der die Daten von Paris, Wien, Berlin, Trier, Köln und Breslau von Stadt und Land zusammenstellte. Er findet, daß in den norddeutschen Stationen, die einen sehr regelmäßigen jährlichen Gang erkennen lassen, das Jahresmittel auf dem Lande um 0,4, das Junimittel um 0,9 mm (Dampfdruck) größer ist als in der Stadt; bei der relativen Feuchtigkeit beträgt der Unterschied 6 Proz. im Jahre, 9 Proz. im Juni. Die Größe dieser an sich nicht sehr bedeutend erscheinenden Zahlen wird dadurch illustriert, daß die Schwankungen der normalen

Verteilung des Dampfdrucks in Norddeutschland nur einen Unterschied von höchstens 0,9 mm im Jahre und von 1,1—0,7 im Sommer ausmachen. Somit entspricht der Stadteinfluß annähernd der Hälfte der, durch alle maßgebenden Faktoren auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft im norddeutschen Tieflande hervorgerufenen Wirkung, im Sommer, besonders im Frühsommer kommt er ihr beinahe gleich.

Die höhere Trockenheit der Stadtluft prägt sich auch im täglichen Gange des Dampfdruckes und der relativen Feuchtigkeit aus [25].

Differenz der Luftfeuchtigkeit: Land — Stadt.

Dampfdruck (mm).

	Berlin				Breslau			
	7 a. m.	2 p. m.	9 p. m	Mittel	7 a. m.	2 p. m.	9 p. m	Mittel
Winter	—0,1	0,0	0,0	—0,1	0,1	0,2	0,0	0,1
Frühling . . .	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,9	0,5	0,5
Sommer	0,6	1,0	0,6	0,7	0,7	1,4	0,9	1,0
Herbst	—0,1	0,4	0,0	0,1	0,2	0,7	0,2	0,4
Jahr	0,1	0,4	0,2	0,2	0,3	0,8	0,4	0,5

Relative Feuchtigkeit (Prozente).

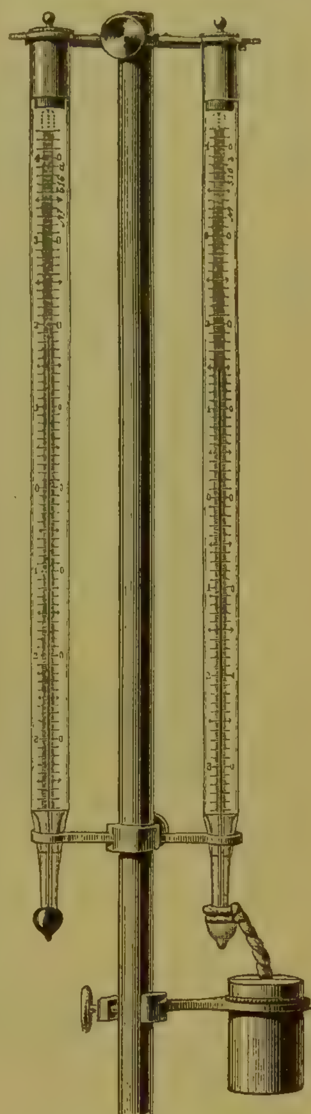
	Berlin				Breslau			
	7 a. m.	2 p. m.	9 p. m.	Mittel	7 a. m.	2 p. m.	9 p. m.	Mittel
Winter	3	2	3	3	3	2	3	2
Frühling . . .	5	4	10	6	4	7	9	7
Sommer	6	6	14	9	6	7	13	8
Herbst	5	3	7	5	5	5	7	6
Jahr	5	4	8	6	5	5	8	6

Der Unterschied des Dampfdrucks vergrößert sich also annähernd mit der Temperaturzunahme und weist demnach das Maximum in den ersten Nachmittagsstunden auf, während er morgens und abends herabsinkt und im Winter (Berlin) sogar eine negative Größe wird. Die Kurve der Unterschiede ist im Winter beim täglichen Gange flach, im Sommer dagegen sehr steil. Das Minimum ist im Sommer meist morgens.

Bei der relativen Feuchtigkeit fällt vor allem der Anstieg des Unterschiedes am Abend im Sommer auf, während die Morgen- und Mittagzahlen wenig voneinander abweichen. Die Stadtluft ist an den Sommerabenden daher (im Durchschnitte um 12—15 Proz.) trockner als die Landluft. Im Winter sind die Differenzen geringfügig und zeigen kaum Schwankungen.

Bei der Erklärung dieses für das Stadtklima belangreichen Ganges der Feuchtigkeit hat man in erster Linie daran gedacht, daß der größere Reichtum der Stadtluft an Rauch und Staub für den Wasserdampf Kondensationskerne abgäbe. Wenn man allenfalls auch hierdurch eine durchschnittlich höhere Trockenheit der Stadtluft erklären könnte, bliebe es immer noch rätselhaft, wieso doch gerade im Sommer, wo die Heizung als Hauptquelle von Rauch und Ruß geringfügig ist, die größte Trockenheit beobachtet wird. Es ist daher eher daran zu denken, daß dem Stadtboden eine geringere Menge abgebbarer Feuchtigkeit zur Verfügung steht. Mangelnder oder

eingeschränkter Pflanzenwuchs, die harte fast wasserundurchlässige Straßendecke, die rasche Abfuhr des Wassers durch die Kanalisation, lassen es begreiflich erscheinen, daß die Verdunstung dem raschen Anstieg der Temperatur nicht Schritt zu halten vermag. Die im Sommer am Abende ausgeprägte größere Trockenheit könnte auch darin die Erklärung finden, daß der abendlich aus den höheren, daher trockneren Luftschichten kommende Luftstrom an den Häusermassen sich erwärmt und demnach die relative Feuchtigkeit erniedrigt wird.


Fig. 50. Augusts Psychrometer.

Bei der Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft ermittelt man in der Regel entweder die Tension (Psychrometer) oder den Taupunkt (Daniels Hygrometer) oder die relative Feuchtigkeit (Haarhygrometer).

Die Bestimmung der Tension geschieht mit Hilfe der sog. Psychrometer, bei denen zwei genau geeichte Thermometer, Fig. 50, abgelesen werden, von denen eines sein Quecksilbergefäß mit stets befeuchteter Gaze umhüllt hat. Infolge der Wärmeentziehung durch die Verdunstung sinkt der Stand des „nassen" Thermometers. Die Differenz zwischen den Ablesungen des trocknen und feuchten Thermometers gestattet, mit Hilfe der Formel

$$e = E - BK(t - t')$$

die Ermittlung des Dampfdrucks, wobei e die herrschende, E die maximale Tension bei der herrschenden Temperatur, B der Barometerstand, t die Temperatur des trocknen, t′ die Temperatur des nassen Thermometers und K eine Konstante ist. Wenn das feuchte Thermometer über 0^0 zeigt, ist K für Windstille = 0,0012, bei leicht bewegter Luft = 0,0008, bei stark bewegter Luft = 0,00066.

Mit Hilfe der Formel

$$a = a_1 - c(t - t_1)$$

läßt sich auch die absolute Feuchtigkeit aus den Differenzen der Ablesung des trockenen und feuchten Thermometers ermitteln. a ist die absolute (gesuchte), a_1 die maximale Feuchtigkeit bei der Temperatur t_1 des feuchten Thermometers, t die Temperatur des trockenen Thermometers, c eine Konstante, welche bei Temperaturschwankungen über 0^0, 0,65, unter 0^0, 0,56 beträgt.

Zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft eignet sich besonders gut das S. 437 beschriebene Aspirationspsychrometer von Aßmann, welches gegenüber dem häufig gebrauchten und trefflichen Schleuderpsychrometer den Vorteil bietet, daß die Luft bei den Thermometerkugeln mit konstanter Geschwindigkeit vorbeigeführt wird. Die Dampfspannung berechnet man nach der Formel von Sprung.

Die relative Feuchtigkeit zeigen direkt die Haarhygrometer an, denen das Prinzip zugrunde liegt, daß ein entfettetes Haar sich bei zunehmender Feuchtigkeit verlängert und umgekehrt sich bei Trockenheit verkürzt. (Fig. 51). Kennt man die Dampfspannung und die Lufttemperatur, so lassen sich mit Hilfe der Tabelle S. 482 die übrigen Werte (rel. Feuchtigkeit, absol. Feuchtigkeit usw.) leicht berechnen. Sehr vereinfacht sind die Bestimmungen beim Draka-Hygrometer von Katz, bei welchem durch eine ingeniös ersonnene Zeigervorrichtung an einem Diagramme die relative Feuchtigkeit abgelesen werden kann.

Bei dem sehr verbreiteten Haarhygrometer nach Lambrecht [26] (Fig. 52) ist nicht ein einzelnes Haar, sondern ein Haarbüschel H in konstanter Spannung erhalten, durch das Gewicht eines kleinen einarmigen Hebels OA, dessen Drehpunkt in einer Achse bei O liegt. An dieser Achse spielt ein Zeiger auf der in 100 Teilstriche unterteilten Skala II′. Da die Empfindlichkeit der Haare sich nach längerem Gebrauche ändert, ist das obere Ende des Haarbüschels in einer federnden Spange G eingeklemmt, deren Lage durch die Schraube C nach Bedarf

reguliert werden kann. Auch die Befestigung des unteren Teils des Haarbüschels ist veränderlich, indem die das Haar haltende Öse an dem Hebel mittels der Schraube D verstellt werden kann. Durch diese Vorrichtungen kann die Haarlänge und die Spannung in bequemer Weise eingestellt, bzw. nach Bedarf verändert werden.

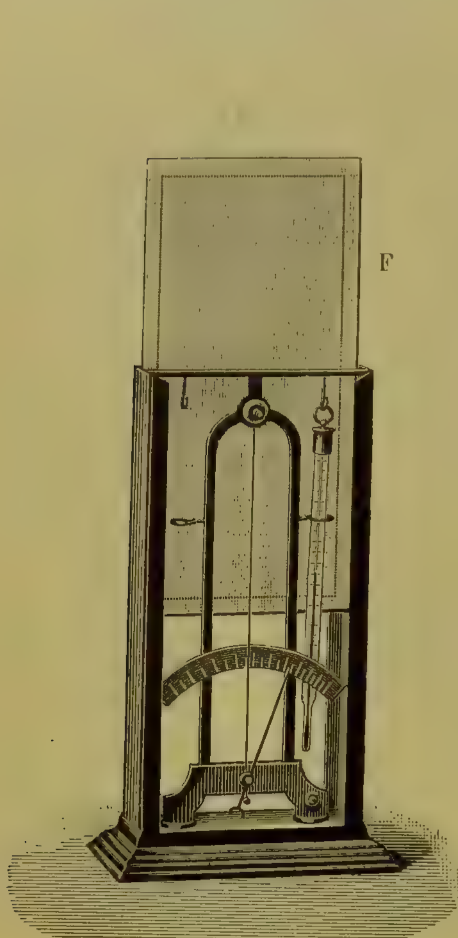


Fig. 51. Koppes Haarhygrometer.

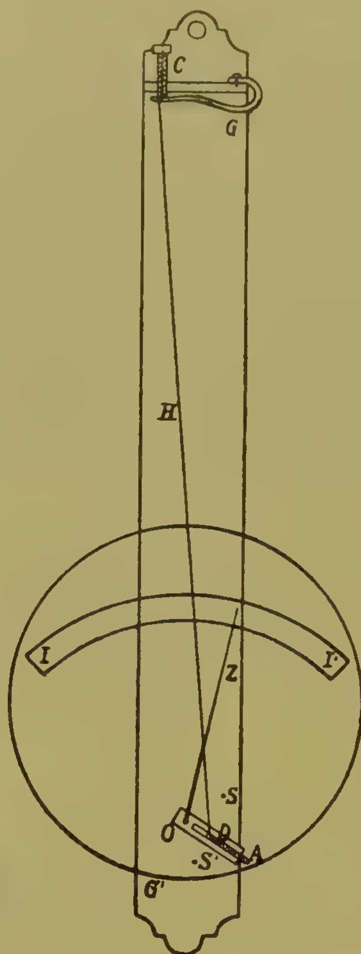




Fig. 52. Lambrechts Haarhygrometer. Aus Jelineks Anleitung zur Ausführung meteorol. Beobachtungen.

Ein für hygienische Zwecke gut brauchbares Instrument ist auch das Polymeter von Lambrecht. — Bei den selbstregistrierenden Hygrographen werden die Längenveränderungen eines Haares auf einen Schreibhebel übertragen, wodurch Kurven der relativen Feuchtigkeit auf einer rotierenden Trommel gezeichnet werden.

Literatur:

1) Mazelle, Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. Wien, Bd. 107, Abt. IIa, S. 280; ferner Okada, Meteor. Zeitschr., Bd. 1903, S. 380.

2) Meteor. Zeitschr. 1908, Bd. 43, S. 32 hat Ed. Brückner die neuesten Arbeiten von Fritsche, Niederschlag, Abfluß und Verdunstung von den Landflächen der Erde und v. Kerner, Revision der zonaren Niederschlagsverteilung, zusammenfassend, folgendes angegeben: Das Verhältnis der Verdunstungsmenge der Landflächen zu der auf den Meeren ist annähernd 2 : 9, während sich die Flächen wie 2 : 5 verhalten. Demnach ist der Ozean nicht allein der Spender der Feuchtigkeit, als der er früher fast ausschließlich galt.

3) Vgl. hierzu Hann, Lehrb. d. Meteor., I. Aufl., S. 212, Flügge, Lehrb. d. hyg. Untersuchungs-Meth. 1881, ab S. 70.

4) Literaturnachweise Hann, Lehrb. d. Meteor., I. Aufl., S. 218.

5) Hann, Lehrb. d. Meteor., II. Aufl., Leipzig 1906, S. 162.

6) Svante Arrhenius, Lehrb. d. kosm. Physik. Hirzel, Leipzig 1903.

7) Vgl. Müller-Pouillet, Pfaundler, Lehrb. d. Phys. u. Meteor. 1907, III. Bd., IV. Buch, S. 834.
8) Die Verteilung des Wasserdampfs. Wissenschaftliche Luftfahrten, Bd. III. Braunschweig 1900, S. 157; vide Hann, Lehrb. d. Meteor. 1906, 2. Aufl., S. 169.
9) Zu der folgenden Darstellung wurde Hann, Lehrb. d. Meteor., 2. Aufl., Leipzig 1906, benützt.
10) Hann, Lehrb. d. Meteor., 2. Aufl., S. 175.
11) Hann (Lehrb. d. Meteor., 1. Aufl.) schreibt S. 231: „Man darf aber dabei nicht an einen allgemeinen ‚aufsteigenden Luftstrom' denken, wie ein solcher früher allgemein angenommen worden ist, mit Zuflüssen von den Seiten her (auf ausgedehnten Landflächen sind ja solche gar nicht möglich). Der Vorgang besteht in dem Wechsel aufsteigender und niedersteigender Luftfäden und Luftsäulchen, welche eine Mischung der oberen und unteren Luftschichten bewirken."
12) Meteor. Zeitschr. 1894, Bd. 29, S. 72.
14) Sitzungsber. d. Kais. Akad. in Wien, Bd. 104, 2. a (1895), S. 374; ebenda u. Sitzungsber., Bd. 103, 2. a (1894), S. 51, Literatur.
15) Jahrb. f. Meteor., Wien 1907.
16) Hann, Lehrb. d. Meteor. 1. Aufl., S. 234 u. 230; ferner Meteor. Zeitschr. 1897, Bd. 32, S. 428. — Nach den Angaben der Meteor. Zeitschr. sind die Diagramme berechnet und angefertigt.
17) Svante Arrhenius, Lehrb. d. kosm. Phys., II. T., S. 627, Leipzig 1903.
18) Über den täglichen und jährlichen Gang der Luftfeuchtigkeit in Rußland. Rep. f. Met. 4, 1875.
19) Lehrb. d. hyg. Untersuchungs-Meth., Leipzig 1881, S. 521 u. Grundriß d. Hyg. 1908, S. 38.
20) Vgl. Hann, Handb. d. Klimatol., 3. Aufl. 1908, I. Bd., S. 51.
21) Zeitschr. f. Hyg., I. Bd., S. 47.
22) Meteor. Zeitschr. 1885, Bd. 2, S. 153 u. 1887, S. 113.
23) Hann, Denkschr. d. Kais. Akad., Bd. 73, 1901, S. 27.
24) Meteor. Zeitschr., Bd. 43, 1908, S. 209.
25) Kremser, loc. cit., S. 210.
26) Jelineks Anleitg. z. Ausf. meteor. Beob., Wien 1905, I. T., S. 57.

Niederschläge.

Die nahen Beziehungen zwischen Luftfeuchtigkeit und Niederschlägen, sowie der Einfluß der letzteren, nicht nur auf das Befinden des Menschen, sondern auch — bei ausreichender Wärme — auf den Pflanzenwuchs und demnach auf die Produktivität eines Klimas rechtfertigen an dieser Stelle eine kurze Besprechung der einschlägigen Verhältnisse.

Das Wasser der Atmosphäre entstammt, wie schon oben erwähnt, zum allergrößten Teile den Meeren, aus denen es durch Verdunstung aufgenommen wird. Die Ursache der Kondensation ist stets eine Abkühlung der Luft, welche so stark ist, daß der Taupunkt erreicht oder unterschritten wird. Die Kondensation kann eintreten, wenn sich kalte Luftschichten mit warmen vermischen, wobei eine Sättigung der sich mischenden Luftschichten nicht Bedingung ist. Indessen haben Bezold [1] und Pernter [2] gezeigt, daß hierbei niemals so viel Wasser zur Ausscheidung gelangt, um einen erheblicheren Regen zu erzeugen. Auch durch Luftdruckabnahme bei Barometersturz und hierdurch entstehende Abkühlung wird nur in unerheblichen Mengen Kondensation ausgelöst. Die Hauptquelle der Abscheidung von Wasser aus der Atmosphäre ist die aufsteigende Luftbewegung. Hierbei gelangt die Luft unter einen niederen Druck und, indem sie sich ausdehnt, kühlt sie ab. Daher kommt es, daß im allgemeinen die Niederschlagsmenge mit der Höhe wächst und demnach jede speziellere Regenkarte eines Landes mit der Höhenschichtenkarte eine weitgehende Ähnlichkeit zeigt. Solange

die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt ist, vermindert ein Anstieg der Luft um 100 m vertikaler Höhe die Temperatur um rund 1° C. Ist jedoch die Sättigungsgrenze erreicht, so wird ein Teil des Wasserdampfes flüsssig und hierdurch die der verdichteten Dampfmenge entsprechende Verdampfungswärme frei. Diese Wärmemenge vermindert die durch Druckentlastung entstehende Abkühlung, so daß für die aufsteigende gesättigte Luft pro 100 m vertikaler Höhe für die hauptsächlich in Betracht kommenden Temperatur- und Druckintervalle eine Wärmeabnahme von rund einem halben Grade anzusetzen sein würde (vgl. Föhntheorie, S. 464).

Die Kondensation des Wasserdampfes bei aufsteigender Luftströmung erklärt es, daß an der Luvseite der Gebirge reichlichere Niederschlagsmengen fallen, als an der Leeseite. In Mitteleuropa finden die meist feuchteren West- oder Nordwestwinde an den Alpenketten die erste beträchtlichere Erhebung. Daher ist der Nord- und Westrand der Alpen durch größere Niederschlagsmengen ausgezeichnet (Salzburg und das Salzkammergut, Kufstein u. a.). Auch der Südrand der Alpen und die östlich von der Adria liegenden hohen Erhebungen erhalten durch den wasserdampfbeladenen Südost, den Scirocco, sehr erhebliche Niederschlagsmengen (Südrand des Krainer Schneebergs und die Bocche di Cattaro). Andererseits sind Orte in den Tälern der Alpen häufig niederschlagsärmer als man es nach ihrer Höhenlage erwarten sollte, wenn sie von Gebirgsketten umgeben sind und demnach der in das Tal sich senkende Luftstrom beim Übergange über das Gebirge bereits einen Teil seines Wasserdampfes abgegeben hat. Selbst im gleichen Tale kann aus diesem Grunde ein höher, aber entfernter vom Alpenrande liegender Ort regenärmer sein, als ein Ort mit niedrigerer Meereshöhe.

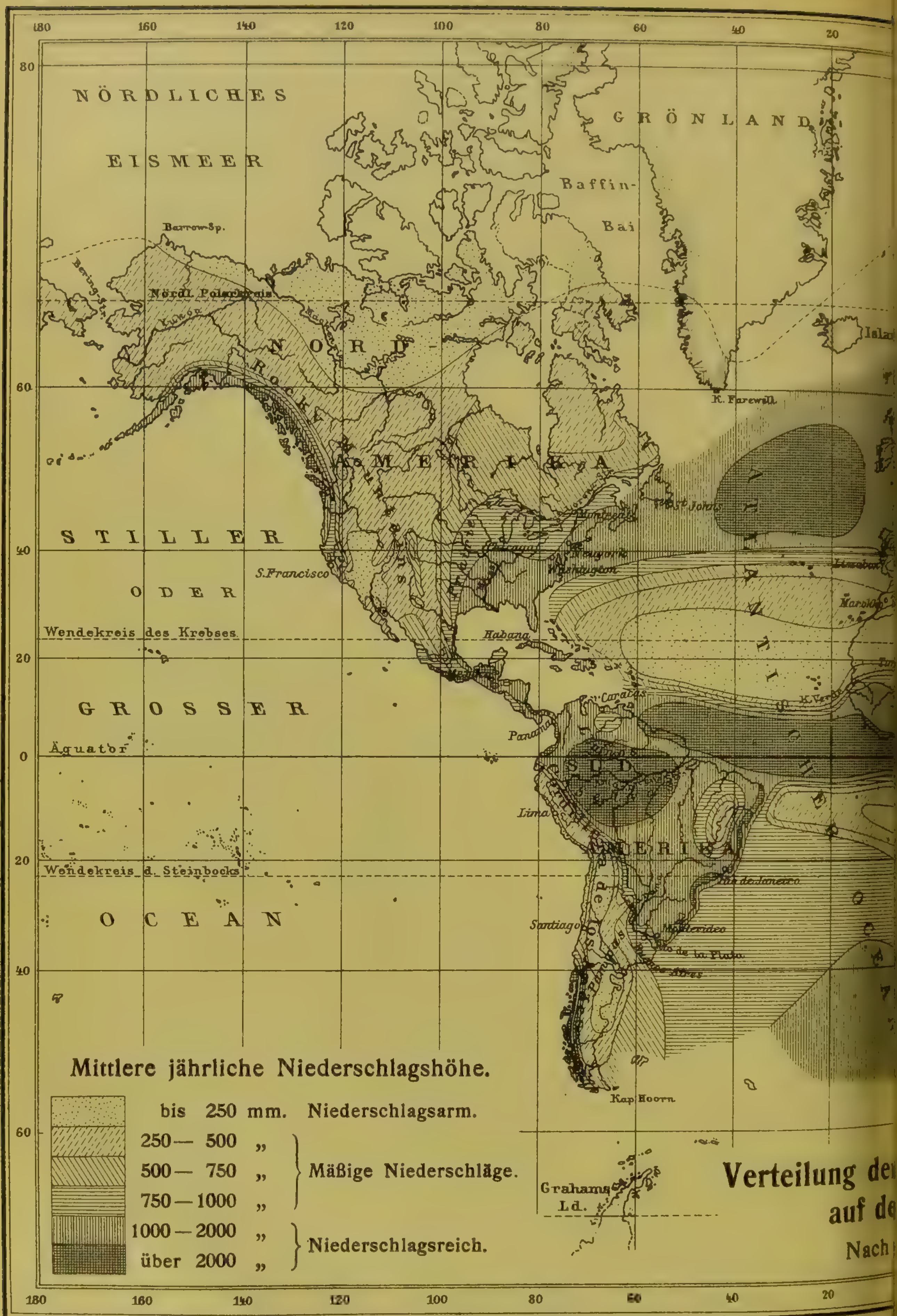
So hat Innsbruck (574 m über dem Meere) weniger Niederschläge als Rosenheim (446 m über dem Meere), und Landeck (810 m über dem Meere) trotz der größeren Höhe, weniger als Innsbruck.

Die Verhältnisse veranschaulicht folgende Tabelle [3]:

Orte an der nördlichen Randzone der Alpen	Meereshöhe	Jahresmittel des Niederschlags	Orte im Inntal	Meereshöhe	Jahresmittel des Niederschlags
Rosenheim	446	1048	Kirchbichl . . .	490	1052
Kitzbühel	737	1262	Innsbruck . . .	574	994
Mittenwald	909	1301	Zams	772	815
St. Anton	1280	1178	Landeck	810	727

In gleicher Weise erklärt sich die Regenarmut in Wallis und im unteren Engadin mit einer Niederschlagsmenge von 600—700 mm bei seiner beträchtlichen Höhe über dem Meere. Besonders erscheint das mittlere Wallis als eine durch Lichtfülle, hohe Wärme, Lufttrockenheit ausgezeichnete klimatische Insel. Bis 1200 m ist Weinbau, bis 2000 m Getreidebau möglich [4].

Wenn sich hohe Gebirge nahe der Küste den wasserdampfbeladenen Winden entgegenstellen, folgt landeinwärts einem Saume hoher Niederschlagsmengen Regenarmut (Nord- und Südamerika polwärts vom 40. Breitegrad). Die niederschlagsreiche Ostküste Australiens grenzt mit der Leeseite ihrer Gebirge an Ebenen mit Wüstencharakter. Dem Südwestmonsun des Sommers stellt sich in Indien das Himalayagebirge entgegen. Daher fallen dort die größten Regenmengen im Sommer. Im regenreichsten Orte der Erde, Cher-



F. A. Brockhaus



nstalt.

Verlag von S. Hirzel in Leipzig.

rapunji in Assam, erreicht die jährliche Regenmenge 11790 mm, von welcher rund 64 Proz. auf die Zeit von Juni bis August und nur 1,2 Proz. auf die Monate November bis Februar fällt. Große Regenmengen (5000—7000 mm) zeigen auch andere Stationen des indischen Monsungebietes. (Tafel I.) Die zweitgrößte Regenmenge auf der Erde ist am Südabhange des Kamerunpics mit 9460 mm pro Jahr [5]. Eine Folge der Abkühlung der aufsteigenden Luft ist die Zone hoher Niederschlagsmengen und häufiger Bewölkung in der Region der äquatorialen Kalmen, die sich auf der Regenkarte als breite dunkle Bänder darstellen. Andererseits findet man in den sogenannten Roßbreiten beiderseits vom Äquator Zonen geringen Niederschlags als Folge der daselbst absteigenden Luftströmung. Im Gegensatze zur üppigen Fruchtbarkeit der tropischen Regenzone sind daher in den Roßbreiten regenarme Wüsten auf den Kontinenten. Die warme absteigende Luft begünstigt mit ihrem hohen Sättigungsdefizit die Verdunstung, und, indem sie wieder dem Äquator zuströmt (vgl. S. 461), belädt sie sich bei ihrem Zuge über Wasserflächen mit Wasserdampf und führt als Passat die Wassermengen den Tropenregen zu. Die östliche Richtung der äquatorialen Luftströmungen bringt es mit sich, daß in den Tropen die Ostseiten der Kontinente und Inseln am regenreichsten sind, da sie zuerst von den vom Meere kommenden, wasserdampfbeladenen Luftströmungen getroffen werden. In den höheren Breiten, etwa über 40° beiderseits vom Äquator, kehrt sich unter der Vorherrschaft der Westwinde das Verhältnis um. Besonders deutlich zeigt Nord- und Südamerika den wechselnden Regenreichtum der Ost- und Westküsten. Den feuchten Winden verdankt die Westküste von Europa, insbesondere von Großbritannien und Irland und Skandinavien, ihren Regenreichtum.

Außer als Regen kommen die Niederschläge als Schnee, Graupel und Hagel zur Erde. Auch durch Kondensation des Wasserdampfes an durch Wärmeausstrahlung erkalteten Gegenständen, dem Taue, können beträchtliche Mengen Wasser niedergeschlagen werden. Doch wird, da der Tau rasch verdunstet, wenigstens in den gemäßigten Gegenden, dem Erdboden kaum Wasser in erheblichen Mengen zugeführt. Erfolgt die Abscheidung von Wasserdampf an unter null Grade abgekühlte Gegenstände, oder gefriert der bereits abgeschiedene Tau, so bildet sich Reif. Bei nebeligem Wetter erstarren die feinen flüssigen Nebelkörperchen, die unter den Gefrierpunkt unterkühlt sind, bei Berührung mit festen Körpern sogleich zu Eis und bilden den Rauhfrost.

Die Niederschlagsverhältnisse für einen Ort werden nach der Darstellung von Hann zum Ausdruck gebracht durch

a) die Monats- und Jahressumme der Wasserhöhe der gesamten Niederschläge, wobei die im gefrorenen Zustande fallenden Niederschläge geschmolzen und wie Regen im Regenmesser behandelt werden;

b) die Zahl der Tage mit Niederschlägen, wobei man nur jene Tage berücksichtigt, an denen die Regenhöhe mehr als 0,1 mm beträgt. Die Tage mit Tau erscheinen in den gemäßigten Klimaten hierdurch ausgeschaltet. Für die Verhältnisse der Vegetation ist es von größter Bedeutung, auf wieviel Tage sich die Niederschlagshöhe eines bestimmten Zeitabschnittes verteilt;

c) die Dauer der Niederschläge in Stunden ausgedrückt;

d) die Häufigkeit des Regens von verschiedener Intensität.

Bei der Wahl der Kanalprofile spielt die Kenntnis der stärksten Regenfälle kurzer Zeitintervalle eine bedeutende Rolle. Solche Regen werden als

Platz- oder Sturzregen, bei besonderer Heftigkeit als Wolkenbrüche bezeichnet. Die heftigsten Sturzregen der gemäßigten Gegenden übertreffen um ein beträchtliches die durch tropische Dauerregen pro Minute gelieferten Wassermengen, obwohl einzelne Regenfälle in warmen Ländern bekannt sind, bei denen ein Tag die doppelte Niederschlagsmenge lieferte als in manchen Orten in Europa ein Jahr. So fielen am 14. Juni 1876 zu Cherrapunji in Assam 1036 mm Wasser, während Petersburg nur 426, Odessa 409 und Madrid 419 mm jährliche Niederschlagshöhe aufweisen. Ein heftiger Dauerregen lieferte am 19. und 20. August 1889 auf der Rhii-Halbinsel in Japan in einem Tage 902, in 40 Stunden 1270 mm. Ein Regen, welcher in einem Tage 1000 mm Niederschlagshöhe liefert, gibt im Durchschnitt pro Stunde 42 mm oder pro Minute 0,7 mm. Es sind aber Sturzregen bekannt, die sehr erheblich größere Minutenmengen aufwiesen. So fielen in Campo in Kalifornien im August 1891 in einer Stunde 292 mm, d. i. pro Minute 4,87 mm. Im Gouvernement Pultawa brachte ein Sturzregen am 15. April 1890 in 10 Minuten 56,5 mm oder pro Minute 5,65 mm Niederschlag. In Rumänien fielen am 7. Juli 1889 in 20 Minuten 204,6 mm, also pro Minute 10,23 mm.

In der nachfolgenden Tabelle findet sich eine Zusammenstellung heftiger Sturzregen.

I. Dauer 60—40 Minuten.

Ort	Datum	Menge	Zeit	Reduz. auf Min.
Campo, Kalif.	August 91	292	60	4,87
Newtown, Pa.	5. VIII. 43	140	40	3,50
Wartha, Schl.	16. VIII. 97	98	45	2,18
Koka, SW.-Jap.	19. VIII. 89	121	60	2,02
Perpignan	29. VIII. 55	103	60	1,72
Rio Janeiro	25. IV. 86	96,5	60	1,61
Tanabe, Japan	19. VIII. 89	90,5	60	1,51
Hongkong	15. VII. 86	88,4	60	1,47
Trier	17. VI. 56	73	60	1,22
Königsberg	16. VII. 64	55	45	1,22
Basel	14. VIII. 93	53	55	0,96
Berlin	13. VII. 92	32	60	0,53

II. Dauer 39—20 Minuten.

Ort	Datum	Menge	Zeit	Reduz. auf Min.
Rumänien	7. VII. 89	204,6	20	10,23
Bordeaux	5. VII. 83	88,5	20	4,42
Biscayne, Fl.	28. III. 74	104	30	3,47
Indianopolis	12. VII. 76	61	25	2,44
Gleichenberg	5. VIII. 93	65	30	2,17
Washington, D. C.	27. VI. 81	61,7	37	1,67
Krakau	5. V. 90	41,2	30	1,37
Dresden	13. VI. 76	41	30	1,37
Wien	10. VI. 53	41,5	35 (?)	1,19
Berlin	15./16. V. 90	22,5	20	1,12

III. Dauer unter 20 Minuten.

Ort	Datum	Menge	Zeit	Reduz. auf Min.
Ft. Mc. Pherson	27. V. 68	38	5	7,60
Galveston	4. VI. 71	100	14	7,13
Basel	28. VII. 96	22,3	5	4,46
New York	6. VI. 93	15,2	5	3,04
Seifershau, Schl.	22. V. 98	14,6	5	2,92
Savaillons, Vog.	10. VII. 84	43	15	2,87
Trebnitz, Schl.	13. VII. 95	40,5	15	2,70
Paris	3. VIII. 91	20,7	8	2,59
London	23. VI. 78	25,4	10	2,54
Marseille	1. X. 92	27	13	2,08
Wien	3. VI. 91	10	6	1,67

Über die Niederschlagshöhen verschiedener Orte orientiert die folgende Tabelle, welche dadurch noch wertvoller ist, daß auch für die einzelnen Monate die Wasserhöhe angegeben ist.

In der Tabelle sind die mittleren, monatlichen und jährlichen Niederschlagsmengen in Millimetern angegeben. Die Zahl der Beobachtungsjahre ist in Klammern beigefügt.

Ort	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oktober	November	Dezember	Jahr
Petersburg (66)	22	21	23	24	43	46	68	**69**	51	43	36	30	426
Moskau (38)	29	23	30	37	49	52	70	**74**	55	36	40	39	—
Warschau (82)	30	28	34	37	48	69	76	**78**	49	44	37	36	566
Odessa (45)	23	19	28	28	33	**59**	52	30	35	29	40	33	409
Stockholm (35)	20	18	20	23	35	42	58	**62**	46	50	35	28	437
Bergen (25)	176	141	110	96	104	111	150	175	210	**223**	171	189	1856
Edinburgh (120)	49	43	39	38	48	55	**71**	**71**	61	64	60	56	655
London (40)	51	41	43	42	49	57	61	61	61	**69**	58	54	647
Kopenhagen (30)	32	29	32	29	38	50	**67**	62	60	61	48	39	547
Hamburg (30)	48	43	50	44	55	80	**86**	76	67	65	58	61	733
Berlin (30)	39	37	47	35	44	63	**69**	57	42	51	47	49	580
Leipzig (30)	32	32	49	40	51	75	**78**	66	46	51	49	45	614
Wien (30)	34	37	51	50	**72**	**71**	67	68	42	51	46	48	637
München (30)	38	33	56	63	100	**123**	**123**	118	75	63	53	50	895
Genf (30)	42	41	54	61	79	81	78	91	86	**107**	74	54	848
Budapest (30)	38	27	47	52	61	**69**	51	53	50	55	55	53	611
Konstantinopel (48)	87	69	62	42	30	34	27	42	52	64	102	**122**	733
Athen (37)	56	38	37	22	21	11	8	11	14	45	**76**	63	402
Jerusalem (32)	**162**	129	90	44	7	0	0	0	1	10	58	140	641
Alexandrien (27)	**57**	31	19	3	1	0	0	0	3	6	40	50	210
Paris (30)	36	33	38	43	45	54	52	54	50	**61**	45	46	557
Bordeaux (30)	71	58	64	67	74	81	51	55	66	**94**	**93**	74	848
Marseille (30)	49	35	46	52	40	26	13	25	61	**88**	76	56	567
Mailand (116)	61	57	66	84	**100**	82	72	82	88	**119**	111	74	996
Triest (30)	56	53	79	74	82	**121**	68	89	125	**145**	101	76	1069
Rom (55)	73	59	63	59	55	38	16	28	69	104	113	83	760
Neapel (59)	86	72	75	60	47	34	17	31	70	109	**122**	108	831
Palermo (74)	75	64	70	43	26	16	6	9	47	75	77	**87**	595
Malta (43)	85	53	40	21	12	2	1	3	33	76	87	**104**	517
Madrid (30)	34	28	45	**47**	45	30	12	12	33	45	**47**	41	419
Lissabon (30)	93	84	**96**	70	54	13	4	8	32	77	94	101	726
Valentia (30)	34	31	39	39	43	21	12	9	76	**84**	50	48	486
Gibraltar (30)	108	87	**113**	72	43	11	1	3	31	85	114	154	822
Sydney (37)	94	140	138	**145**	129	137	109	72	82	73	80	66	1265
Wladiwostok (14)	2	4	7	29	32	37	55	**88**	60	41	13	5	373
Tokyo	55	75	111	128	150	**166**	131	109	**203**	185	109	54	1476
Kamerun (11)	36	78	206	228	335	546	726	**751**	502	459	150	77	4094
Bombay (84)	3	0	0	1	14	522	**624**	378	278	45	12	1	1878
Newyork (34)	89	91	96	79	81	80	120	113	83	91	88	84	1095
Mexiko (19)	4	5	15	15	51	104	104	**123**	105	43	11	4	584
Buenos Aires (40)	74	66	**117**	72	76	71	55	59	79	92	73	99	933

Für die Messung des niederfallenden Meteorwassers dienen die sogenannten Regenmesser. Bei den einfachen Instrumenten wird das Wasser in einem trichterförmigen Gefäß mit einer bestimmten Auffangefläche, z. B. 500 cm^2, gesammelt und nach 24 Stunden in einem Meßglase abgemessen (Fig. 53). Da die Regenhöhe durch die Zahl der Millimeter angegeben wird, welche der Wasserstand bei gehemmtem Abfluß und aufgehobener Verdunstung auf dem flachen Boden erreichen würde, hat man die abgemessene Wassermenge auf die Größe der Auffangfläche zu beziehen. Wurden z. B.

50 cm³ Wasser gemessen, so beträgt die Regenhöhe $\frac{50}{500} = 0{,}1$ cm oder 1,0 mm.

Von den zahlreichen angegebenen selbstregistrierenden Regenmessern hat sich jener von Hellmann-Fueß am besten bewährt. Die von der Auffangefläche aufgenommene Regenmenge wird in das Gefäß g (Fig. 54)

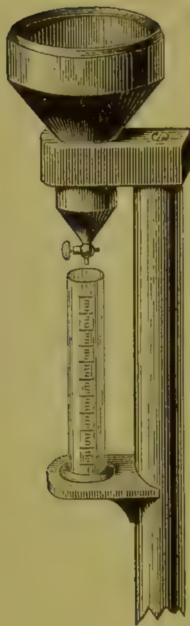


Fig. 53. Regenmesser.

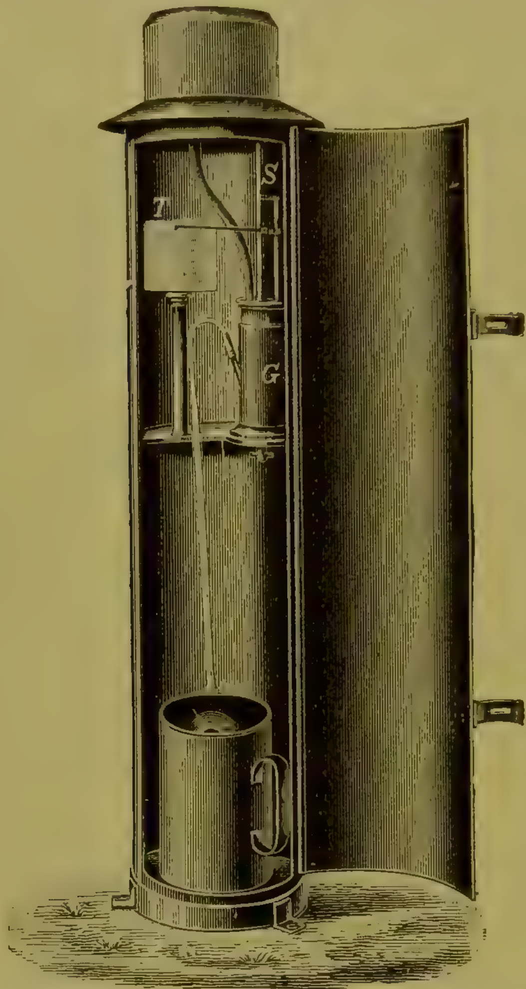


Fig. 54. Fueß' selbstregistr. Regenmesser.

geleitet. Daselbst befindet sich ein Schwimmer, dessen Achse s eine Schreibfeder trägt, welche an einer durch ein Uhrwerk bewegten Trommel den Wasserzuwachs notiert. Ist das Gefäß g gefüllt, so entleert es durch einen Heber seinen Inhalt in die am Boden stehende Sammelkanne, der Schwimmer sinkt zu seinen Ausgangspunkt zurück und reguliert neuerdings den Zuwachs [6].

Literatur:

1) Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1890, **19**, 355.
2) Ztschr. f. Meteor. 1882, **17**, 421.
3) v. Ficker, Klimatographie von Tirol und Vorarlberg. Wien 1909, S. 23.
4) Hann, Handb. d. Klimatologie 1908, **1**, 253; daselbst auch Literaturangaben.
5) Sv. Arrhenius, Lehrb. d. kosm. Physik 1903, S. 663.
6) Jelineks Anleitung zur Ausführung meteorol. Beobachtungen. I. T. Wien 1905, S. 18.

Sonnenschein, Bewölkung, Nebel.

Für die Wertung eines Klimas ist es von großer Bedeutung, über die Menge Licht und Wärme orientiert zu sein, welche durch die direkte Sonnenstrahlung zur Erde gesendet wird. Die Wichtigkeit der Sonnenstrahlung als klimatischen Faktor hat besonders Rubner [1] hervorgehoben, indem er darauf hinwies, daß die für den Meteorologen wichtigen Mittelwerte der Lufttemperatur an hygienischer Bedeutung gegenüber den Witterungsvorkommnissen der einzelnen Stunden zurückstehen. So können in Davos trotz niedriger Luftwärme infolge der Windstille und Sonnenstrahlung die Leute bei — 1° noch bei leichter Bekleidung im Freien sitzen und ihr Vesperbrot verzehren. Am 30. Dezember zeigte ein Thermometer im Schnee — 26,4, die Luft — 12,8°, das Vakuumthermometer aber um 9^h + 25,5° und um 1^h 30 Min. + 38,5° C.

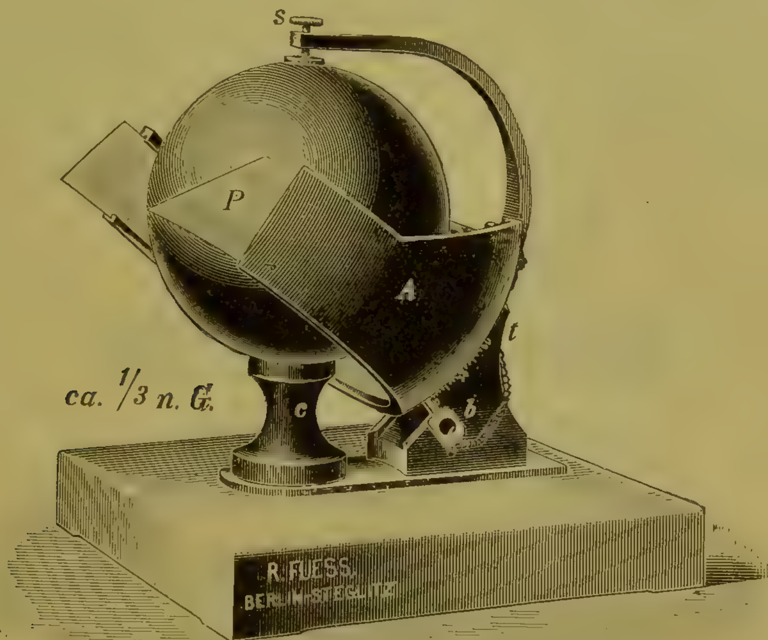


Fig. 55. Sonnenscheinautograph nach Campbell-Stokes.

An einem anderen Tage stieg das Vakuumthermometer bei — 1° Lufttemperatur um 8^h 45 Min. auf + 22° und um 1^h 45 auf + 43° C an.

Die Menge der Licht- und Wärmestrahlen hängt, abgesehen von der geographischen Breite in erster Linie davon ab, welcher Strahlungsanteil durch die Atmosphäre absorbiert oder reflektiert wird. Nebel und Wolken sind hierfür besonders von Belang. So hat das nördliche Schottland im Jahre nur 1150 Sonnenscheinstunden gegen 2900 in Madrid. Um den Einfluß der auch in diesem Beispiele den Vergleich störenden geographischen Breite auszuscheiden und jenen der Bewölkung einschließlich Nebel mehr hervortreten zu lassen, kann man die Sonnenscheindauer auch in Prozenten der maximal möglichen ausdrücken, wodurch wir für Madrid 66 Proz., für das nördliche Schottland 26 Proz. erhalten. Das rauch- und nebelreiche London hat nur 23 Proz. Sonnenscheindauer gegen 31 Proz. der nahe bei London gelegenen Gartenstadt Kew.

Wenn die Sonnenscheindauer durch die mittlere Zahl der auf einen Ort

fallenden Sonnenscheinstunden ausgedrückt wird, so erhalten wir für London 2,8, Kew 3,8, Hamburg 3,4, Madrid 8,0, auf dem Sonnblick 4,4 Sonnenscheinstunden [2].

Ursprünglich begnügte man sich, den Zustand des Himmels durch heiter, bewölkt, teilweise bewölkt auszudrücken. Vergleichbarere Ergebnisse liefert eine Schätzung des von Wolken bedeckten Anteiles des sichtbaren Firmamentes, ausgedrückt in Zehnteln des gesamten sichtbaren Himmelsgewölbes. Noch verläßlichere Resultate gibt die Registrierung der Dauer des Sonnenscheines. Verbreitet ist der Sonnenscheinautograph nach Campbell-Stokes [3] (Fig. 55), bei dem eine genau gearbeitete Kugellinse aus Glas, die nach allen Seiten als Brennglas wirkt, die Sonnenstrahlen auf einen geeignet aufgestellten Papierstreifen konzentriert. Der Papierstreifen (Abb. 56) (P in Fig. 55) ruht auf einem Messingkugelsegmente (A in Fig. 55), dessen Radius und Aufstellung so gewählt ist, daß seine innere den Papierstreifen tragende Oberfläche der geometrische Ort der Brennpunkte der Kugellinse ist. Entsprechend dem Stande und der Wanderung der Sonne sind die Streifen des Autographenpapiers verschieden zugeschnitten (Abb. 56). Im Frühjahre und im Herbste sind die geraden, im Winter die kurzen mit der Konkavität

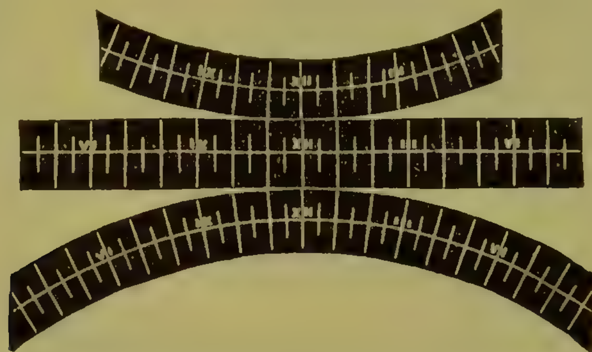


Fig. 56. **Papierstreifen zum Sonnenscheinautographen nach Campbell-Stokes.**

nach aufwärts, im Sommer die langen, mit der Konkavität nach abwärts gekrümmten Streifen zu verwenden.

Ist die Sonne durch Wolken verdeckt, so genügen die Strahlen nicht, um das Papier zu bräunen, während die volle Sonne tiefschwarze Brandstellen hinterläßt. Da die Sonne ihren Stand am Himmel ändert und ihr Brennpunkt an dem mit einer Stundeneinteilung versehenen Papierstreifen fortwandert, läßt sich die Dauer des Sonnenscheines und daraus ihr prozentuarischer Anteil zur maximal möglichen Dauer bestimmen.

Um nicht nur die Zeitdauer des Sonnenscheines, sondern überhaupt den Gang der Lichtstärke zu registrieren, benützt v. Esmarch [4] Chlorsilberpapier, welches auf einer rotierenden Trommel aufgespannt ist. Die Trommel dreht sich im Verlaufe von 24 Stunden um ihre Achse und führt hierbei das lichtempfindliche Papier an einem feinen Spalt vorbei, wodurch je nach der Intensität der photochemischen Strahlen eine mehr oder minder starke Braunfärbung entsteht. Durch eine sinnreiche Vorrichtung gleitet die rotierende Trommel an einer führenden Spindel allmählich herab, so daß durch eine Woche stets noch nicht exponierte Papierstellen an dem Spalt vorbeigeführt werden und die Auswechselung des Chlorsilberpapiers nur jeden achten Tag notwendig ist. Die im Tonfixierbade haltbar gemachten

Streifen geben ein orientierendes Bild des Ganges der photochemischen Lichtstärke.

Der Gang der Bewölkung ist abhängig von der geographischen Breite und den Beziehungen eines Ortes zum Meere. In der Äquatornähe verursacht der aufsteigende Luftstrom in den Kalmen ein Maximum der Bewölkung. Polarwärts von etwa 10^0 n. und s. Breite an nimmt sie ab. In den Roßbreiten ist die Bewölkung gering. An den Polen erreicht sie ihr Maximum. Im Durchschnitt beträgt für die gesamte Erde die Bewölkung 52 Proz. Die Sonnenscheindauer beträgt für Italien 52 Proz., für Deutschland 38 Proz. und für das britische Inselreich nur 30 Proz. Berggipfel und besonders Hochtäler haben mehr Sonnenschein als die Niederung. Im täglichen Gange tritt ein Minimum der Bewölkung am Abend von $10—11^h$, ein Maximum zur Mittagszeit oder kurz nachher ein. Im jährlichen Gange bietet der Winter ein Maximum, der Sommer ein Minimum, nur die Gipfel der Hochgebirge, unter denen sich die Wolkenmeere ausbreiten, zeigen meist umgekehrte Verhältnisse. Die Orte gleicher Bewölkung wurden von Teisserenc de Bort durch Linien, die Isonephen, verbunden [5].

Wenn die Wolken dem Erdboden sehr genähert sind oder ihm direkt aufliegen, dann spricht man von Nebel. Besteht demnach zwischen Wolken und Nebel kein wesentlicher Unterschied, so ist doch die Art ihrer Bildung verschieden. Wolken entstehen zumeist durch die Kondensation von Wasserdampf bei aufsteigenden, sich daher durch Ausdehnung abkühlenden Luftströmen, während der Nebel meist aus der, durch Abstrahlung gegen den kalten Erdboden unter den Taupunkt gekühlten Luft sich abscheidet. Die Bedingungen für die Nebelbildung sind also Windstille, niedrigere Temperaturen am Erdboden als in der Höhe, große relative Feuchtigkeit bei wolkenfreiem Himmel, der die Abstrahlung der Wärme in den Weltenraum ermöglicht. Auch über Wasserflächen scheidet sich Nebel aus, wenn die überstehende Luft kälter ist.

Für die Angabe der Dichte des Nebels besteht keine Skala. Man pflegt schätzungsweise die Entfernung anzugeben, in welcher Gegenstände noch wahrgenommen werden.

Eine eigenartige Stellung nehmen jene häufig braun oder gelb gefärbten Nebelmassen ein, welche sich in der Umgebung größerer Städte, besonders solcher mit ausgedehnter Industrie und zahlreichen Feuerstätten, bilden. Man bezeichnet sie als Stadtnebel. Im Gegensatz zu den Landnebeln setzen sie sich aus sehr kleinen Wassertröpfchen zusammen. Während die größeren Wassertröpfchen der Landnebel leicht zusammenfließen, ist dies durch die Kleinheit der Tröpfchen der Stadtnebel erschwert. Die Stadtnebel sind demnach zäher und lösen sich schwerer auf.

Nicht immer erfüllt der Stadtnebel als Tiefnebel nur die Straßen der Stadt; oft bedeckt er sie als Hochnebel gleich einem Gewölbe, welches 100 m oder höher [6] sich erhebend, die Stadt völlig einhüllt. Bei bewegter Luft läßt sich dann erkennen, daß der eintretende Wind den Nebel vor sich schiebt, ihn an der Stelle des Eintrittes zerstreut, während er an der entgegengesetzten Seite den Stadtnebel ein Stück weit in das freie Land hinausweht. An der Eintrittsstelle des Windes in die Stadt genießt diese Landluft, während umgekehrt die Umgebung der Stadt an der Austrittsstelle des Windes die schlechte Luft zugeführt erhält. Da in Mittel- und Nordeuropa

die vorherrschende Windrichtung eine westliche (NW bis SW) ist, erscheinen die westlichen Stadtteile gegenüber den östlichen bevorzugt und es erklärt sich daraus nicht nur das Wachstum der Städte gegen Westen hin, sondern auch der höhere Preis der westlichen Gelände, die vielfach die vornehmsten Stadtviertel darstellen.

Durch seinen Nebel hat besonders London eine gewisse Berühmtheit erworben. Nach Russel [7] sind die ersten Morgenstunden im Sommer die einzige Zeit, in der man einen klaren Überblick über die ganze Stadt haben kann. Diesen zunächst stehen die schönen Nachmittagsstunden im Sommer, in denen das Herdfeuer erloschen ist.

Da also der Betrieb der Feuerungen und insbesondere der Haus- und Küchenfeuerungen die Nebelbildung steigert, so scheint in den Produkten der Verbrennung die eigentlichen Ursache des Stadtnebels zu liegen. Hierbei wird man auch an die Dämpfe von Schwefeldioxyd und Schwefelsäure, welche durch pyrithaltige Kohlen entstehen, ferner an Ammoniak, Salzsäure denken können, wodurch Kondensationskerne für die Wassertröpfchen zur Verfügung stünden. Wenn man vielleicht auch die schwerere Auflösbarkeit des Stadtnebels durch die erschwerte Verdunstung der chemisch differente Stoffe im gelösten Zustande enthaltenden Wassertröpfchen erklären könnte, so ist es zweifelhaft, ob wirklich die notwendige Zahl der Kondensationskerne durch die, doch nur in kleinen Mengen gebildeten Gase zur Verfügung stehen.

Man wird also in erster Linie an Ruß und Flugasche, eventuell auch an den Staub der Straßen als „Gerüste“ für den Stadtnebel zu denken haben. Hierüber bestehen kontroverse Meinungen. Während Liefmann [8] der Ansicht ist, daß die wesentlichste Rolle dem feinen Staube zukommt, der Ruß dagegen nur die dunklere Farbe des im Gegensatze zum weißen Landnebel „schwarzen“ Stadtnebels verursacht, haben Rubner [9], Ramsay [10] und Gemünd [11] die Ansicht vertreten, daß die Hauptrolle für die Nebelbildung dem Rauche beziehungsweise dessen festen Bestandteilen, dem Ruße zukomme.

Insbesonders schwerwiegend ist Rubners Hinweis auf die Tatsache, daß gerade in den nebelreichsten Monaten die Straßen naß oder mit Schnee bedeckt sind und sich demnach von diesen kein Staub erheben könne. Die irrige Anschauung über die Menge des in der Luft schwebenden Staubes dürfte hauptsächlich daher rühren, daß man den Aitkenschen Staubzähler [12], der auch im Winter große Mengen von Kondensationskernen aufweist als Staubzähler in des Wortes engerer Bedeutung auffaßt. Gemünd konnte aber nachweisen, daß es bei den Zählungen ziemlich gleichgültig sei ob man auf Straßen arbeite, auf denen ab und zu dicke Staubwolken einherrollen, oder ob man einen scheinbar staubfreien, mit Buschwerk bepflanzten Platz wählt, insofern nur beide Standorte innerhalb der gleichen Dunstzone der Stadt liegen. Auch das gleichlautende Resultat mehrfacher Zählungen beweist die gute Mischung der die Kondensation auslösenden Partikelchen, die von dem groben, sichtbaren und fühlbaren Staub, der entweder durch seine geringe Zahl nicht in Betracht kommt oder die Zählkammer nicht erreicht, quantitativ nicht beeinflußt werden. Der Apparat scheint also in erster Linie die fein verteilten Verbrennungsprodukte, soweit sie sich zu Kondensationskernen eignen, zu registrieren, was auch nach den Zählungsergebnissen an verschiedenen Orten wahrscheinlich ist.

Es fand [13]:

		Kondensationskerne
Aitken	auf dem Rigi	210—260
	in London	bis 400000
	„ Paris, Spitze des Eiffelturmes	226—104000
	„ „ Garten des meteor. Instituts	160000—210000
Emmerich	„ München, je nach Witterung	50000—200000
	„ Josefstal bei Schliersee	1080
	„ Neuhaus „ „ nach 2stündigem Regen	420
	am Tegernsee	6500
	auf der Becherspitze	650
Gemünd	in Achen, an der Peripherie, bei vom Lande kommendem Winde	6000—20000
	Ebenda, bei von der Stadt wehendem Winde	40000—80000
	in Wiesbaden, Zentrum	60000—100000
	„ „ Westende	20000
	„ „ NE, außerhalb der Stadt, in Kuranlagen	30000—40000
	„ „ im W, $^1/_2$ Stunde außerhalb der Stadt	10000—12000

Es ergibt sich also, daß im allgemeinen mit der Zunahme der Stadt die Kondensationskerne sich vermehren, womit die Tatsache, daß die größten Städte am meisten unter Nebel zu leiden haben, gut vereinbar ist. Auch die Armut der Luft höherer Berge (Rigi) stimmt mit unserem Gefühle höherer Reinheit überein.

Über den Städten ist die Luft noch in beträchtlicher Höhe reich an Kondensationskernen, wie aus den Messungen von Aitken am Gipfel des Eiffelturmes in Paris hervorgeht.

Daß übrigens Berggipfel häufig von Wolken umhüllt sind, beweist, daß auch dort die Kondensation möglich ist. Die Quelle für die Nebel- oder Wolkenbildung geben reichlich die aufsteigenden Luftströme durch ihre Erkaltung; als Kondensationskerne dürften, wie dies der Physiker Thomson wahrscheinlich gemacht hat, die Ionen der Luft dienen. Läßt man einen staubfreien, mit Wasserdampf gefüllten Zylinder mit Röntgenstrahlen durchleuchten, so tritt ebenfalls Kondensation, die Ionennebel, auf [14]. Auch den ultravioletten Strahlen der Sonne wird das Vermögen, die Luft zu ionisieren, zugeschrieben. Insbesondere müßte auf dem Meere und im ewigen Eise der Pole bei dem Fehlen staubförmiger Partikel an Ionenkondensation gedacht werden.

Von den Ermittelungen Gemünds verdienen die Angaben über die numerische Verteilung der Kondensationskerne in Wiesbaden besonderes Interesse. Im Westende der Stadt und im Westen außerhalb der Stadt sind die geringsten Zahlen, höhere Werte waren in nordöstlicher Richtung, jedoch schon außerhalb der Stadt in den Kuranlagen, während die größte Zahl dem Zentrum der Stadt zukommt. Es ergibt sich aus diesem Befunde, daß nicht nur, wie früher hervorgehoben, der Nebel vom Westen vertrieben und über die Ostgrenze der Stadt geweht wird, sondern daß die herrschenden Luftströme auch die Kondensationskerne im W der Stadt auf Kosten ihrer östlichen Teile verringern. Die relative Nebelfreiheit des Westens erklärt sich daher nicht nur aus der direkten Vertreibung des Nebels durch den Wind, sondern auch durch die Verhinderung seiner Entstehung in diesem Stadtteile, indem schon die Ansatzkeime beiseite geschafft werden.

Daß in der Tat der Kohle der Hauptanteil an der Nebelbildung zuzuschreiben ist, geht daraus hervor, daß, solange Paris noch mit Holz heizte, der gelbe Nebel daselbst unbekannt war, während es seit Einführung der Kohle mit London wetteifern kann.

Mit der Vergrößerung der Stadt steigt die Zahl der Nebeltage, welche in London

1871—1875	50,8
1876—1880	58,4
1881—1885	62,2
1886—1890	74,2

betrug. Daß weniger die ganzjährig betriebenen Fabriken als vielmehr die Hausfeuerungen schuld tragen, erhellt aus der jahreszeitlichen Verteilung des Zuwachses an Nebeltagen, welche für den Winter 59 Proz., für den Herbst 31 Proz., das Frühjahr 8,6 Proz. und den Sommer nur 0,8 Proz. beträgt [15].

van Bebber [16] stellte die Nebeltage von Hamburg, Helgoland und Sylt einander gegenüber und fand z. B. für den November in Helgoland 2,9, in Sylt 5,7, für Hamburg 17,0 Nebeltage. Die analogen Zahlen für das Jahr betragen 39,4 43,2 und 126,4.

Daß hauptsächlich der Ruß als Kondensationskern sich eignet, ist, wie Russel betonte, durch dessen großes Strahlungsvermögen leicht verständlich. Die Kohleteilchen verlieren rasch Wärme gegen den kalten Erdboden oder den Himmel und sind dann die kältesten Teilchen der Luft, weshalb an ihnen in erster Linie sich der Wasserdampf kondensiert [17], ähnlich wie sich an den Grashalmen der Tau niederschlägt.

Aber auch Staubteilchen sind infolge ihrer unregelmäßigen, gezackten, kapillarenreichen Oberflächenform, wie van der Meusbrugghe hervorgehoben hat [18], als Kondensationskerne für den Wasserdampf sehr geeignet. Nach dem Thomsonschen Prinzipe nämlich verlassen bei konvexen Oberflächen einzelne Moleküle leicht die Flüssigkeitsoberfläche, weniger leicht geschieht dies bei ebenen Flächen und schwer bei konkaven. Im ersteren Falle ist jedes Molekül weniger von anderen umgeben und zurückgehalten (man denke an das leichte Ausströmen der Elektrizität aus Spitzen), im letzten Falle werden die Moleküle am stärksten zurückgehalten. In dem bei der Kondensation sich abspielenden Wechsel zwischen Niederschlag und Wiederverdampfung wird der Niederschlag am ehesten dann den Sieg davontragen, wenn die einmal niedergeschlagenen Moleküle von einer konkaven oder kapillarreichen Oberfläche zurückgehalten werden.

Auf einen wichtigen Umstand, der die Nebelbildung in der Stadt begünstigt, hat Rubner [19] verwiesen: die Stagnation der Luft. Wenn auch nur wenige Messungen vorliegen, läßt sich doch sagen, daß die Luftgeschwindigkeit in den Städten stark abnimmt. Hann [20] fand in Wien z. B. bei einer Windgeschwindigkeit von 2,2 m pro Sek., auf der außerhalb der geschlossenen Bebauung stehenden hohen Warte (22 m über Wien) 5,2 m Geschwindigkeit, und Wolpert machte auf die große Verlangsamung der Luftströme in den Höfen der Häuser aufmerksam [21]. Durch diese, durch die Reibung des Windes an den Häusern verursachte Minderung seiner Kraft, tritt die reinigende Wirkung nicht im gleichen Maße auf, wie auf dem Lande, und Wasserdampf, Kondensationskerne sammeln sich in erhöhtem Maße an. Daß sich übrigens nicht alle Städte gleich verhalten, ist

aus der Verschiedenheit der geographischen Lage verständlich. Die Städte des kontinentalen Klimas sind durch den geringeren Feuchtigkeitsgehalt der Luft günstiger daran als die durch hohe Luftfeuchtigkeit ausgezeichneten englischen Städte, so daß bei gleichem Verbrauche an Kohle die letzteren zu stärkerer Nebelbildung neigen müssen. Auch die Hafenstadt Hamburg hatte 1887—1906 im Durchschnitte pro Jahr 91 Nebeltage, während das größere, aber vom Weltmeere entferntere Berlin nur 16 Nebeltage aufwies [22].

Unter den Wirkungen des Nebels, insbesondere des „schwarzen", ist die auffälligste die starke Lichtabsorption. Vgl. hierzu die von Kister, Ges.-Ing. 32, 848f. für Hamburg entworfenen Kurven.

Die Tage, an denen die Sonne überhaupt zu sehen ist, vermindern sich mit dem Wachstum der Städte. Während [23] man in Greenwich im Jahre 1750 noch 160 Mittagsdurchgänge an der Sternwerte beobachten konnte, betrug diese Zahl im Jahre 1880 nur mehr 115. Berlin erhält nach Glan [24] nur $^1/_3$—$^1/_4$ des Sonnenlichtes, welches ihm entsprechend seiner geographischen Breite zukäme. Rubner hat durch Wolpert in Berlin (Klosterstraße 36) an dem sehr nebeligen 22. Dez. 1903 mittelst des Weberschen Photometers Tageslichtmessungen vornehmen lassen, wobei folgende Zahlen erhalten wurden [25].

Zeit	Meterkerzen		
	Rot	Grün	Überhaupt
11^h 15′	1,4	4,2	2,8
11^h 20′	1,7		
11^h 30′	1,0		
11^h 40′	0,7	2,1	1,4
12^h —	2,7		
12^h 30′	70,0		

Am folgenden mäßig hellen Tage war um 2^h die Helligkeit in Rot 405, in Grün 1091 und überhaupt 778 Meterkerzen. Die Lichtabsorption war also am 22. Dez. so stark, daß nur $^1/_{3000}$—$^1/_{4000}$ der zu erwartenden und $^1/_{500}$ der am folgenden mäßig hellen Tage beobachteten Lichtstärke sich einstellte. Die Stadtbahn mußte Nachtdienst einrichten. Da auch bei Tage zur Beleuchtung künstliche Lichtquellen herangezogen werden müssen, so bringt der Nebel auch finanzielle Verluste mit sich, welche für einen Londoner Nebeltag auf 20—50000 Pfund Sterling geschätzt werden [26].

Auch das künstliche Licht erfährt durch den Nebel eine beträchtliche Abschwächung: die Gaslaternen brennen trübe. Nach Rudolf [27] sollen hauptsächlich die roten Strahlen und weniger die blauen zur Absorption gelangen. Nach einer Angabe des Ges.-Ing. 1898 wäre das Gegenteil der Fall, indem besonders die roten und gelben Strahlen den Nebel durchdringen, während die grünen und blauen fast vollständig aufgezehrt werden. So betrug der Lichtverlust eines Gasschnittbrenners beim Londoner Nebel 11,1 Proz., bei Gasglühlicht mit dem größeren Reichtum an blauen Strahlen 20,8 Proz. Es wäre übrigens denkbar, daß die Eigenfarbe des Nebels, die ja sehr verschieden sein kann, die Ursache für diese ungleiche elektive Absorption ist.

Ramsay [28] hob hervor, daß der Nebel durch seine Fähigkeit, die blauen, violetten und ultravioletten Strahlen, also die bakterienfeindlichen,

zu absorbieren, indirekt eine Vermehrung der pathogenen Mikroben begünstige, was mit dem von Ruhemann [29] beobachteten Zusammenfallen von Influenzaepidemien und Sonnenscheinarmut gut übereinstimmt. Ramsay hebt auch den ungünstigen Einfluß des Nebels auf die Psyche hervor und spricht eine allgemein anerkannte Klage damit aus: „Der Rauch kondensiert den atmosphärischen Wasserdampf zu Nebel und Regen; er macht unser Leben mehr oder weniger freudearm und ungemütlich.“ „Gesunde und Kranke leiden unter diesem Dämmerlicht,“ sagt Rubner [30] und hebt hervor, daß die Schädigung durch Stadtnebel zwar nicht gleich und offenkundig auftrete, daß aber Millionen Menschen dauernd diesem Einflusse ausgesetzt sind und unsere heutige Experimentierkunst an den Nachweis feinster, aber durch lange Zeit wirkender Schädigungen nicht im entferntesten heranreicht, indem wir im Experiment an Stelle der Frage nach den chronischen Wirkungen kleinster Stoffmengen fast immer einen kurzen Vergiftungsversuch mit großen Dosen setzen.

Auch Russel [31] spricht von der Einwirkung des Nebels auf unseren Gesundheitszustand und unser Behagen, erwähnt jedoch, daß aus den Aufzeichnungen der Registrar-Generalberichte nur dann eine bedeutende Zunahme der Todesfälle eintrat, wenn die Nebel mit einem beträchtlichen Temperaturabfall zusammenfielen. Entgegen dem Volksglauben bestätigt sich also die schädliche Wirkung des Nebels allein nicht. So herrschte am 15. Dez. 1889 dichter Nebel bei einer Temperatur über dem Mittel; entsprechend blieb auch die Todeszahl unter dem Mittel. Während der langdauernden Nebel im Winter 1880 stieg [32] von Mitte Januar bis anfangs Februar die Sterblichkeit von 27,1 ‰ auf 48,1 ‰, während zur gleichen Zeit in 19 Provinzstädten die Sterblichkeit nur 26,3 ‰ betrug. Nach Russel müßte man annehmen, daß weder der Temperatursturz allein — der doch auch die Provinzstädte betroffen hatte — noch der Nebel allein die Ursache der erhöhten Sterblichkeit sei. Erst das Zusammenfallen beider bringe den Anstieg der Todesfälle.

Kürzlich hat Ascher [33] die folgende Tabelle mitgeteilt, aus welcher hervorgehen soll, daß der Nebel die Zahl der Todesfälle an Lungenkrankheiten und Phthisis steigert, während die übrigen Infektionskrankheiten unbeeinflußt bleiben. Ein sicherer Schluß für die Schädlichkeit des Nebels allein dürfte jedoch nicht gezogen werden, da dieser meist einem Temperaturabfalle folgt. (Vgl. die Tabelle auf folgender Seite.)

Da der Nebel mit Produkten unvollkommener Verbrennung, vornehmlich mit dem Ruße, in Beziehung steht, könnte man für die Erklärung der gehäuften Todesfälle an Lungenkrankheiten an den Einfluß der Anthracosis pulmonum denken. Wenn auch die Kohlenpartikelchen infolge ihres Ursprunges aus den Essen steril sind, so läßt sich ihnen, wie Gemünd hervorhebt [34], infolge ihrer häufig scharfkantigen Konturen und ihrer im Vergleiche zu den Alveolen beträchtlichen Größe, eine Reizwirkung nicht absprechen, wenigstens dann, wenn sie durch ihre Menge zu einer Durchsetzung des Lungengewebes geführt haben. Man darf übrigens nicht vergessen, daß an den Rußpartikelchen, die von der Verbrennung der Steinkohlen stammen, auch chemisch reizende Gase, schwefelige Säure, Salzsäure, Ammoniak adsorbiert sind. Nach Rubners [35] Angaben enthält der Ruß, der in London fällt: Schwefelsäure 4,3 Proz., Salzsäure 1,4 Proz., Ammoniak 1,4 Proz. Daß bei der ungeheuren Zahl der eingeatmeten Partikelchen eine Reizung der Epithelien

Krankheit und Sterblichkeit in Manchester, Dezember 1890, Januar 1891, Februar 1891. Geschätzte Bevölkerungsziffer 506325.

Wochenende am	Wetter	Thermometergr. n. Fahrenheit		Wöchentliche Krankheitszahl		Wöchentliche Todeszahl	
		Maximum	Minimum	Auf öffentl. Kosten behandelt	Gemeldete Infektionskrankheiten	Alle Ursachen	Lungenkrankheiten mit Phthisis
6. Dez.	Trocken, kalt, Tauwetter	48,6	29,8	780	70	244	85
13. „	Trockne Ostwinde, harter Frost, einige Nebel	40,1	25,8	719	83	238	87
20. „	Trockne Ostwinde, harter Frost, einige Nebel	40,1	18,6	672	70	294	121
27. „	Trockne Ostwinde, harter Frost, dichter Nebel, 3 Tage	40,8	15,8	448	56	393	204
3. Jan.	Bewölkt, strenger Frost	41,8	26,0	691	59	328	165
10. „	„ 2 Tage Nebel	40,8	21,7	801	52	341	153
17. „	„ 2 „ „	43,8	27,8	853	66	336	156
24. „	„	48,7	17,0	708	51	278	109
31. „	„ 2 Tage klar	51,6	36,0	818	61	263	95
7. Febr.	„ 2 „ „	51,4	34,7	802	52	211	78
14. „	„	50,1	37,2	866	62	232	91
21. „	Trübe, 2 Tage dichter Nebel	52,7	27,6	787	54	291	104
28. „	Klar, 1 Tag dichter Nebel	56,7	29,0	929	62	257	113

der Luftwege durch diese Gase möglich ist, läßt sich nicht von der Hand weisen [36, 37].

Auch an eine Störung der Wärmeökonomie durch den Nebel wird man zu denken haben. Dabei dürfte, da nebelige Wintertage naßkalt empfunden werden, in erster Linie die vermehrte Wärmeleitung eine Rolle spielen, durch welche die Disposition zu Infektionskrankheiten eine Erhöhung erfährt.

Weniger vielleicht die gesundheitsschädigende Wirkung des Nebels als dessen Wirkung auf die Finanzen der Gemeinden und Privaten durch Mehrverbrauch an Beleuchtung, Verkehrsstörungen und Geschäftsstockungen haben zur Folge gehabt, daß man gegen den Nebel zu Felde zog und in richtiger Weise die Quelle des Nebels, die Rauchentwicklung, einzudämmen suchte. Am ausgiebigsten hat sich in England die Gesetzgebung gegen die maßlose Raucherzeugung von seiten der Fabriken gewendet. Schon i. J. 1897 zählte Harvey Littlejohn [38] 22 englische Städte auf, die die Zeitdauer für die Ausstoßung von „schwarzem Rauch" durch die Fabrikschlote pro Stunde auf 1—15 Minuten festsetzten. Seitdem sind auch andere Städte diesem Beispiele gefolgt, und es sind mehrfach nicht nur für den „schwarzen", sondern auch für den „grauen" Rauch bestimmte Maximalzeiten festgesetzt worden. In den deutschen Städten scheint die Gesetzgebung bzw. Beaufsichtigung nicht so streng zu sein wie in England, obwohl in Hamburg und

Berlin, vielleicht durch die Verbesserung der Heizanlagen, eine Zunahme der Nebeltage trotz Erhöhung des Verbrauchs an Heizmaterial nicht nachweisbar ist [39]. Manche deutsche Städte, wie Stuttgart, München, Düsseldorf, Dresden, haben zwar ein besonderes Bureau zur fachmännischen Beaufsichtigung der Feuerungen eingerichtet, vielfach bestehen wohl auch Vorschriften von seiten der Ortspolizei (Baupolizeiordnungen), in den meisten Städten aber pflegt man nur dann einzuschreiten, wenn Beschwerden von seiten der Nachbarschaft einlaufen. Ob aber die gesetzgeberischen Maßnahmen genügen und nicht erst neue Feuerungsmethoden (Benzin, Petroleum, Leuchtgas, Elektrizität) wirklich Wandel schaffen werden, ist eine Frage, deren Lösung der Zukunft überlassen werden muß.

Literatur:

1) Arch. f. Hyg. **20**, 309.
2) Hann, Lehrb. d. Met. 2. Aufl., S. 220.
3) Jelineks Anleitung zur Ausführung meteor. Beobachtungen. 5. Aufl. 1905, 1, 97.
4) Hyg. Rundsch. 1906, **6** u. Zeitschr. f. Hyg. **58**, 15.
5) Sv. Arrhenius, Kosm. Physik 1903, S. 650–652.
6) Rubner, Arch. f. Hyg. **57**, 327.
7) „Nature“ **39**, 34.
8) Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. **40**, 300.
9) Arch. f. Hyg. **57**, 341; **59**, 132.
10) Revue d'hygiène **18**; zit. Liefmann, l. c.
11) Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. **40**, 408.
12) Proc. Royal Soc. Edinb. 1880 und 1892.
13) Nach Gemünd, l. c. S. 404.
14) Vgl. Gemünd, l. c. S. 406; ferner Mache u. Schweidler, Die atm. Elektriz. Braunschweig 1909, S. 202.
15) Hann, Lehrb. d. Met. 1. Aufl. 1901, S. 256.
16) Hygienische Meteorologie S. 156.
17) Z. f. Meteor. 1889, S. 33 u. 34 (ref. aus Nature **39**, 34).
18) „Ciel et terre“ 1892, S. 38.
19) Arch. f. Hyg. **57**, 341.
20) Handb. d. Klimat. **1**, 84, zit. n. Rubner, Arch. f. Hyg. **57**, 341.
21) Arch. f. Hyg. **52**, 22.
22) Prof. Kister, Die Rauch- u. Rußplage in Großstädten. Umschau 1910, S. 182.
23) Hann, Lehrb. d. Meteor. 2. Aufl. 1906, S. 197.
24) Vgl. Rubner, Arch. f. Hyg. **59**, 137, und Ascher, Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. 1910, **42**, Heft 1.
25) Arch. f. Hyg. **59**, 142.
26) Hann, Lehrb. d. Meteor. 2. Aufl. S. 196.
27) Phys. Zeitschr. 1904, S. 36.
28) Zit. n. Liefmann, Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. **40**, 299.
29) Ist Erkältung eine Krankheitsursache und inwiefern. Leipzig 1898, S. 136.
30) Arch. f. Hyg. **59**, 146.
31) Zeitschr. f. Meteor. 1892, **27**, 17, und „Nature“ 1891, S. 10.
32) Zeitschr. f. Meteor. 1889, **24**, 33.
33) Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. **39**, 668.
34) Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. **40**, 418.
35) Rubners Lehrb. d. Hyg.
36) Gemünd, Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. **40**, 418.
37) Literatur über die gesundheitsschädliche Wirkung des Rauches u. Rußes bei Gebecke, Z. f. Hygiene 1911, **68**, 155.
38) Report on the causes and prevention of smoke from manufacturing chimneys. City of Sheffield 1897, zit. nach Ascher, Vierteljahrsschr. **39**, 294.
39) Kister, Umschau 1910, S. 183.

Bedeutung des Lichtes für den Menschen.

Als eine störende Eigenschaft des Nebels wurde bezeichnet, daß er gewaltige Lichtmengen zu absorbieren in der Lage ist und uns unter seiner Decke zu einem freudlosen Dasein zwingt. Denn wenn auch unser Wissen über die Einwirkung des Lichtes auf den Menschen und das höhere Tier auf wenige einwandfreie Beobachtungen beschränkt geblieben ist, das eine steht fest, daß Stimmung, Arbeitsfreudigkeit, „Aktivität des seelischen Lebens", wie sich Kruse ausdrückt [1], an trüben Tagen gewaltig leidet.

Exakteres wissen wir über den Einfluß des Lichtes auf die Pflanzenwelt. Wir kennen die Abhängigkeit der Chlorophyllbildung, Verholzung vom Lichte, der Phototropismus (Heliotropismus) hat eine eingehende Bearbeitung erfahren. Ferner kennt man die vernichtende Wirkung des Lichtes auf die Mikroorganismen, die von Down und Blunt [2] zuerst beschrieben und von zahlreichen Forschern, Arloing [3], Duclaux [4], Buchner [5], Dieudonné [6], Wiesner [7] u. a. studiert wurde. Weiter ist durch Engelmanns [8] schöne Untersuchungen der Einfluß des Lichtes auf die Bewegungsrichtung des Bacterium photometricum, welches dem beleuchteten Teile eines Wassertropfens zuströmt und bei plötzlicher Beschattung die sogenannten Schreckbewegungen ausführt, aufgedeckt und durch viele Untersucher (Molisch [9]) bestätigt worden. Ähnlich verhalten sich auch die Schwärmsporen mancher Algen (Straßburger [10]).

Auch niedrige Tiere reagieren auf das Licht. So fand Engelmann [11], daß die Amöbe Pelomyxa palustris beim Beschatten Formveränderungen erfährt und Verworn [12] beobachtete an Pleuronema chrysalis bei Belichtung hüpfende Bewegungen. Bei Eudendrium racemosum wachsen nach J. Loeb [13] im Lichte zahlreiche Polypen, während in der Dunkelheit und im roten Lichte deren Bildung unterbleibt oder spärlich wird. Nach P. Best [14] sucht auch der geblendete Frosch die Helligkeit, während der augenlose Regenwurm das Licht scheut (Graber [15]). Beim höheren tierischen Organismus sind die Verhältnisse ungleich unklarer, so daß man z. B. mit Rücksicht auf das anscheinende Wohlbefinden der in den Bergwerken jahrelang lebenden und schwere Arbeit verrichtenden Pferde in Versuchung kommen könnte, einen Einfluß des Lichtes zu leugnen.

Zusammenfassende Übersichten über die Wirkungen des Lichtes gaben:

Salomon, H., in Noordens Handb. der Pathol. des Stoffwechsels. Berlin 1907, Bd. II, S. 613.
Bie, V., Die Anwendung des Lichtes in der Medizin. Wiesbaden 1905.
Aschoff, L., im Handb. der Allg. Pathologie v. Krehl u. Marchand, Bd. I, S. 144.
Jensen, P., Verhandlungen der Naturforscherversammlung zu Kassel 1903 (Leipzig 1904), I. Teil, S. 240.
Möller, Der Einfluß des Lichtes auf die Haut, Bibl. med. Stuttgart 1900.
Rieder, H., Verhandlungen der Naturforscherversammlung zu Kassel 1903. Leipzig 1904. Bd. I, S. 254.
Schönenberger, Fr., Der Einfluß des Lichtes auf den tierischen Organismus. Diss Berlin 1898.
Maag, P., Korrespondenzblatt f. Schweiz. Ärzte, Bd. 33 (1903), S. 609.

Auch die Versuche, den Einfluß auf den Stoffwechsel zu erforschen, brachten bisher keine Ergebnisse, welche ohne Einwand hingenommen werden dürfen. So fallen alle Versuche aus, bei denen eine Vermehrung der ausgeschiedenen Kohlensäure gefunden und nicht alle Muskelbewegungen ausgeschaltet worden sind. Hierher gehören die Versuche von Mole-

schot [16], Moleschott und Fubini [17], Fubini [18], Fubini und Ronchi [19]. Auch die Ausschaltung der Bewegungen bei Chasanowitz [19a] durch hohe Rückenmarksdurchschneidung bei Fröschen und Fesselung der Kaninchen bei v. Platen [20] ist nur eine unvollkommene. Speck [21] fand in Selbstversuchen, bei denen er Bewegungen sorgfältig zu vermeiden suchte, keinen wesentlichen Unterschied in der Kohlensäureproduktion bei geöffneten und verbundenen Augen, wogegen allerdings eingewendet wurde, daß unwillkürliche Bewegungen im Dunkeln kaum vermeidbar seien. Loeb [22] konnte in der Kohlensäureproduktion belichteter und im Dunkeln gehaltener Lepidopterenpuppen keinen Unterschied finden, wogegen Salomon [23] einwendete, daß eine Lichtdurchgängigkeit durch den Chitinpanzer der Puppen nicht feststehe.

Am ehesten beweiskräftig scheinen die Versuche von Fubini und Benedicenti [24] zu sein, die mit im tiefen Winterschlafe befindlichen Tieren, und zwar Siebenschläfern (Myoxus glis), Haselmäusen (Myoxus avellanarius), Fledermäusen (Plecotus auritus und Vespertilio murinus) angestellt wurden und stets erhöhte Kohlensäureabscheidung im Lichte ergaben. Indes sind auch diese Versuche wegen ihrer schwankenden Zahlen nicht völlig beweisend. Versuche, die Salomon [25] an Menschen ausführte, die mit einer starken Bogenlampe bestrahlt wurden, waren negativ.

Über den Einfluß des Lichtes auf Menge und Zusammensetzung des Blutes finden sich ebenfalls widersprechende Angaben, die durch die schwierige Feststellung kleinerer Unterschiede erklärt werden können. So fand Borrisow [26] keine Einwirkung, während Marti [27], Graffenberger [28] und Oerum [29] einen ungünstigen Einfluß der Dunkelheit annehmen. Graffenberger arbeitete an Kaninchen mit dem Hämometer von v. Fleischl und fand ein Absinken des Hämoglobingehaltes, welches bei längerer Einwirkung der Dunkelheit auch mit einer Verminderung der Blutmenge einhergeht. Zugleich verkleinert sich die Leber, die Ausbildung des Knochengerüstes ist verzögert, während Skelettmuskulatur und Herz — durch Einlagerung von Fett — schwerer werden. Dieser erhöhte Fettansatz erklärt den Masterfolg im Dunkeln gehaltener Schlachttiere. Nach Graffenberger nimmt der Fettansatz nicht proportional zur Dauer der Lichtentziehung zu, sondern wird durch zu lange andauernde Dunkelheit wieder aufgehoben. Die Mästung gelingt am besten durch kurze Einwirkung von Dunkelheit oder längeren Aufenthalt im Halbdunkel. Eine eindeutige Beeinflussung des Stickstoffumsatzes durch das Licht konnte nicht konstatiert werden. Die bei Haferfütterung von Kaninchen erhobene bessere Ausnützung des Fettes bedarf einer Nachprüfung.

Nach Oerum nimmt die Blutmenge der im Dunkeln gehaltenen Kaninchen, welche normalerweise $^1/_{16}$—$^1/_{14}$ (6,4 Proz. bis 7,3 Proz.) des Körpergewichtes beträgt, binnen ein bis zwei Monaten um $^1/_{30}$—$^1/_{20}$ (3,3 Proz. bis 3,9 Proz.) des Körpergewichtes ab. Auch das Gesamthämoglobin erfährt eine Verminderung. Ähnlich wie die Dunkelheit wirkt das rote Licht, während blaues Licht eine Plethora vera und eine Vermehrung des Gesamthämoglobins bewirkt. Es muß freilich unentschieden bleiben, ob die Einwirkung der Dunkelheit nicht indirekt schädigt etwa durch Appetitverlust, mangelnde Bewegung in freier Luft, Faktoren, denen vielleicht eine höhere Bedeutung zukommt, als dem Fehlen der Lichtstrahlen.

Auf einen direkt nachweisbaren Einfluß des Sonnenlichtes auf das Blut

deuten die Versuche von Schläpfer [30] hin. Er fand, daß frisches Kaninchenblut, besonders von albinotischen Tieren, auf die photographische Platte einwirkt, und daß diese Photoaktivität in erhöhtem Maße auftritt, wenn das Blut vorher dem direkten Sonnenlichte ausgesetzt war. Das Blut besitzt demnach das Vermögen Licht auszustrahlen, und zwar scheinen die Erythrozyten die Träger dieser Photoaktivität zu sein, deren Quelle vielleicht in vitalen oder postmortalen Oxydationsprozessen liegt, an denen sich vor allem Körper aus der Gruppe der Lezithine beteiligen sollen. Immerhin könnte in der Aufspeicherung von Sonnenenergie im Blute ein Vorteil für die von demselben versorgten inneren Organe liegen.

Nebenher sei bemerkt, daß schädigende Einwirkungen der Lichtstrahlen unter Mitwirkung einer Reihe von giftigen Körpern zustande kommen, denen anscheinend die Eigenschaft der Fluoreszenz gemeinsam ist. Man bezeichnet diese erhöhte Empfindlichkeit als Sensibilisierung. Durch O. Raab [31], H. v. Tappeiner [32] und seine Schüler sind zahlreiche experimentelle Belege erbracht worden. Auch das von Wedding [33] studierte vesikulöse Erythem, welches mit Buchweizen gefütterte Schafe und Rinder bekommen, sobald sie im Frühjahre dem Sonnenlichte ausgesetzt werden, das Buchweizenexanthem, wird von Busck [34] auf das fluoreszierende Fluorophyll, einen aus Buchweizen extrahierbaren Farbstoff, zurückgeführt. Gallenfarbstoff soll nach Hausmann [35] sensibilisierend auf rote Blutkörperchen wirken, wodurch die beim Ikterus nicht selten vorhandene Hämolyse erklärt wäre.

Daß das Licht auf die Haut einen Einfluß ausüben kann, erweist der Mechanismus des bei vielen niederen Tieren entwickelten Farbenwechsels (Chamäleon, Cephalopoden, Rana temporaria [36].) Besonders interessant wird diese Hautreaktion, wenn sie sich zu einem für den Organismus wertvollen Schutzapparat ausgebildet hat. So erscheinen Forellen auf hellem Grunde hellgrau, auf dunklem schwarz und entgehen so dem Verfolger (Pouchet [37]). Den Farbenwechsel dieser Tiere vermitteln bewegliche Pigmentzellen, welche ausgespannt die dunkle, kontrahiert die helle Farbe der Haut bedingen.

Beim Menschen bewirken die Sonnenstrahlen alle Erscheinungen einer Entzündung der Haut [38], Hyperämie, Rötung, Schwellung, Austritt weißer Blutkörperchen, Abschilferung mit zurückbleibender Pigmentierung, die monatelang bestehen bleiben kann. Aber auch nach dem Schwunde des Pigmentes bleibt eine Reizbarkeit der Hautgefäße zurück. Dieses Erythema solare ist jedoch nicht die einzige pathologische Veränderung der Haut. Bei hereditär oder durch Gifte geschädigten oder infizierten Individuen tritt schon im frühen Kindesalter nach der Besonnung das vielgestaltige Xeroderma pigmentosum [39] auf. Zunächst an den unbedeckten Körperstellen in Form umschriebener roter Flecke sich zeigend erzeugt die Erkrankung sommersprossenähnliche, braune Pigmentflecke. In der Folge bilden sich Teleangiektasien und endlich warzenartige Gebilde, die sich zu Epithelkarzinomen mit tödlichem Ausgange durch Ulzeration, jedoch ohne Metastasen entwickeln. Auch das Karzinom der Seemannshaut zeigt mit dem Xeroderma weitgehende Analogien. Mit der Lichteinwirkung wird, wie oben erwähnt, das Buchweizenexanthem der Schafe und Rinder in Beziehung gebracht [40]. Das hauptsächlich im Frühjahr auftretende Erythem der Pellagrösen wird auch von vielen Autoren als ein solares aufgefaßt [41].

Die krankhaften Erscheinungen, welche das Licht auf der Haut des Menschen hervorbringt, faßte man in der älteren Pathologie als eine Art Verbrennung, also als eine Wärmewirkung auf. Erst die neueren Erfahrungen, insbesondere jene mit dem verhältnismäßig kalten Lichte elektrischer Bogenlampen, bewiesen, daß sich die Strahlen verschiedener Wellenlänge in ihrer physiologischen Wirkung erheblich voneinander unterscheiden und daß speziell die kurzwelligen Strahlen entzündungserregend wirken Dadurch fand die aus dem Altertume stammende Erfahrung ihre Erklärung. daß durch gefärbte (rote, gelbe) Salben, also durch Filtration der kurzwelligen Strahlen, Sommersprossen vermieden werden. In analoger Weise werden — wie Maklakoff betonte — entzündliche Prozesse der Haut durch den Gebrauch von Schleiern ausgeschaltet.

Auch die im Volke verbreitete Meinung, daß das rote Licht den Heilungsprozeß bei der Variola vera beschleunige, hat durch Finsen [42] eine Grundlage erhalten. Auf seinen Vorschlag wurden Blatternkranke in Bergen in Zimmern mit rotfarbigen Fenstern gehalten, wodurch ihnen das Stadium der Eiterung und somit auch die Narbenbildung erspart blieb. Goldmann [43] fand ebenfalls eine geringere Ausbildung der Impfpusteln, wenn die Impfstelle durch rote Binden vor den kurzwelligen Strahlen geschützt war; auch machte man die Beobachtung, daß Bäcker, Heizer und Glasbläser, Hochofenarbeiter [44], die sich der Wirkung der Wärmestrahlen aussetzen, keine entzündlichen Hautaffektionen erwerben, während andererseits Bergsteiger, auch auf Gletschern und Schneefeldern, also in eisiger Umgebung, beträchtliche Hauterscheinungen (Gletscherbrand) zeigen. Zur Erklärung dieser Wirkung des Hochgebirges sei auf die Tatsache hingewiesen, daß mit der Erhebung über das Meeresniveau die Menge der ultravioletten Strahlen zunimmt, da diese, wie Elster und Geitel [45] nachgewiesen haben, in den unteren Schichten durch den Wasserdampf- und Kohlensäuregehalt eine starke Absorption erleiden und überdies die Schneeflächen die kurzwelligen Strahlen im besonderen Maße zurückwerfen. Den direkten Beweis für die entzündungserregende Wirkung der ultravioletten Strahlen erbrachte Widmark [46], der mit starken elektrischen Bogenlampen nach Ausschaltung der Wärmestrahlen Erytheme hervorbringen konnte. Bekanntlich hat Finsen die reizende Wirkung der kurzwelligen Strahlen auch für die Therapie herangezogen.

Eine weitere Wirkung des Sonnenlichtes ist der sogenannte Sonnenstich, der jedoch nicht den ultravioletten, sondern den Wärmestrahlen zugeschrieben wird. Dies suchte P. Schmidt [47] wahrscheinlich zu machen, indem er Meerschweinchen mit glatt rasiertem Kopfe einerseits starken ultravioletten Strahlen und andererseits den Wärmestrahlen einer schwächeren Lichtquelle aussetzte. Nur im letzteren Falle traten krankhafte Symptome ein, die sich in verminderter Freßlust, Apathie äußerten und nach einiger Zeit zum Tode führten.

Schmidt versuchte auch beim Menschen die bei Bestrahlung des Kopfes durch die Tropensonne einesteils durch Strahlung, andererseits durch Wärmeleitung bis zur Hirnrinde dringende Wärme zu bestimmen. Als Effekt der Bestrahlung fand Schmidt [48], daß die unterhalb der Schädelkapsel gelegene 2 mm dicke Schicht (Hirnhaut und Liquor cerebrospinalis) pro Stunde eine Temperatursteigerung um 6° erfahren würde, wenn keine Ableitung der Wärme in die Tiefe des Gehirnes durch Wärme-

leitung und Entwärmung durch das zirkulierende Blut stattfände. Durch Wärmeleitung wird überdies von der Schädelkapsel dem Gehirn Wärme zugeführt. Die Schädeldecke absorbiert pro Stunde vom Quadratzentimeter 120 Kal., von denen 90 durch Entwärmung (zirkulierendes Blut, Wasserverdunstung) verloren gehen, so daß die Gehirnrinde noch 30 Kal. empfängt.

Nach dem sonstigen Verhalten der roten Strahlen bleibt die bei Sektionen nach Insolation angeblich erhobene Hyperämie der Hirnhäute nicht verständlich. Dagegen könnte man sich den Eintritt pathologischer Zustände auch durch eine lokale Temperatursteigerung in der Hirnrinde gut vorstellen, zu welcher die Eigenschaft der Hirnsubstanz, nur in geringem Maße diatherman zu sein und demnach Wärme aufzuspeichern, Anlaß gibt. In jenen Fällen, in denen die Wärme durch die Haut des Nackens und Halses eindringt, würde durch Erwärmung der Medulla oblongata eine Lähmung des Respirations- und Zirkulationszentrums zustande kommen.

Außer diesen pathologischen Veränderungen bewirkt das Licht eine Pigmentierung der Haut, welcher eine gewisse Schutzwirkung zuzukommen scheint. Dafür spricht der Versuch von Finsen [49], der an seinem eigenen Arme nach starker Belichtung eine Pigmentierung der Haut mit Ausnahme jener Stellen vorfand, welche er durch einen Belag mit Tusche gedeckt hatte. Entfernte er die Tusche und setzte seinen Arm neuerlich der Sonne aus, so zeigten die vorher bedeckten Stellen nunmehr eine starke Reaktion, welche an den schon gebräunten Stellen ausblieb.

Auch die als Sommersprossen (Epheliden) bekannten Pigmentflecke, welche meist an hierzu hereditär veranlagten Personen unter dem Einflusse vorhergegangener Belichtung auftreten [50], betrachtet Bowles [51] als Schutzmittel gegen den Sonnenbrand. Er konnte beobachten, daß die Epheliden kleine eingesunkene Grübchen in der geröteten und gedunsenen Gesichtshaut sonnenverbrannter Bergsteiger bilden, und demnach von der Sonne unbeeinflußte Inselchen darstellen. Ebenso spricht die Überempfindlichkeit albinotischer Individuen für die Schutzwirkung des Pigmentes, sowie auch die von Horn [52] hervorgehobene Tatsache, daß die den unmittelbaren Sonnenstrahlen ausgesetzte Haut eines Negers gar nicht litt, während seine (Horns) Haut sich bei der gleichen Behandlung mit Blasen bedeckte und schmerzhaft wurde.

Schwieriger ist die Frage, ob alles Pigment mit dem Lichte in irgendeiner Beziehung steht. Dagegen spricht die Tatsache, daß Pigmente in inneren Organen vorkommen. So sind die Blutgefäße von manchen Amphibien und Fischen im ganzen Körper pigmentiert. Freilich könnte man hier an den Transport von Lichtenergie durch die roten Blutkörperchen im Sinne der Versuche von Schläpfer denken. Andererseits fehlen Pigmente bei Tieren, die an die Dunkelheit angepaßt sind (Grottenolm, Eingeweidewürmer). Ob die auf der Oberseite vieler Tiere ausgebildete Färbung direkte Beziehungen zum Lichte hat oder auf Zuchtwahl beruht, wird kaum entschieden werden können. Sicher ist die Schutzfärbung vieler Tiere, z. B. die gelbbraune Färbung der Wüstentiere, das weiße Winterkleid ein Ergebnis natürlicher Auslese.

So wie die erwähnten pathologischen Hauterscheinungen, wird auch das Pigment durch die kurzwelligen Strahlen gebildet. Unna macht schon aufmerksam, daß die den (langwelligen) Wärmestrahlen ausgesetzten Personen (Bäcker, Glasbläser, Heizer) stets blaß und nicht pigmentiert sind,

während bei einer Bergtour eine blasse Gesichtshaut in 24 Stunden pigmentieren kann [53].

Von der Belichtung unterscheidet sich die Besonnung, bei der außer den Lichtstrahlen auch die Wärmestrahlen zur Wirkung kommen. Hierüber liegen Versuche von Rubner und Cramer [54] am Hunde vor, aus denen hervorgeht, daß bei genügend hoher Temperatur sich der Gaswechsel so einstellt, als wenn die Schattentemperatur um den halben Unterschied zwischen Sonnen- und Schattentemperatur vermehrt wäre. Die Sonnenstrahlung wurde mittels eines Vakuumthermometers bestimmt, das mit Pouillets Pyrheliometer geeicht war. Siehe diesen Band, S. 568. Bei 10^0 Lufttemperatur und 30^0 Wärme des Vakuumthermometers stellte sich der Gaswechsel demnach so ein, als ob nach

$$10 + \frac{30 - 10}{2} = 20$$

die Lufttemperatur 20^0 C betragen hätte.

Für den Menschen gilt nach in Rubners Institute von Wolpert [55] angestellten Untersuchnngen das gleiche Gesetz.

Während jedoch beim Hunde die Wärmeregulation im wesentlichen durch vermehrte Atmung, das sogenannte Hacheln, erzielt wird, und der höheren Temperatur infolge der gesteigerten Muskelarbeit ein erhöhter Umsatz entspricht, erzielt der Mensch ohne Muskelarbeit durch gesteigerte Wasserverdunstung seine Entwärmung.

So fand Wolpert für eine 57 kg schwere Versuchsperson eine Kohlensäureproduktion pro Stunde

bei	$0-5^0$	Lufttemperatur	29,2 g CO_2
„	$5-10^0$	„	27,1 g
„	$10-15^0$	„	25,1 g
„	$15-20^0$	„	24,1 g
„	$20-25^0$	„	25,0 g
„	$25-30^0$	„	25,3 g
„	$30-35^0$	„	23,7 g
„	$35-40^0$	„	21,2 g

Nach dem oben angenommenen Beispiele würde sich für 10^0 C und die Stunde nach

$$\frac{27{,}1 + 25{,}1}{2} = 26{,}1 \text{ g Kohlensäure,}$$

für 10^0 C und einer Sonnenwärme von 30^0 entsprechend einer Luftwärme von 20^0 C nach

$$\frac{24{,}1 + 25{,}0}{2} = 24{,}5$$

eine Kohlenäureausscheidung von 24,5 g CO_2 pro Stunde ergeben. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß in den Versuchen Wolperts unwillkürliche Muskelbewegungen die Resultate beeinflußt haben, so daß ihnen eine Allgemeingültigkeit nicht zugesprochen werden kann. Vergl. hierzu Durig, Wiener klin. Woch. 1911, S. 621.

Bei der Beurteilung des Wertes der Sonnenbäder muß man die Gesamtheit der physiologischen Wirkungen der Sonnenenergie im Auge behalten

und auch daran festhalten, daß der unbekleidete Körper, abgesehen von der Bestrahlung, in Wechselbeziehungen zur umgebenden Luft tritt. Durch die anregende Wirkung der meist bewegten Luft werden die Hautgefäße in ihren Reaktionen geübt (Turnen der Hautmuskulatur). Auch die durch die kurzwelligen Strahlen hervorgerufenen Hautreaktionen, die vermehrte Photoaktivität des Blutes könnten auf den Organismus Einfluß nehmen. Bei der Verschiedenheit dieser Wirkungen, der Mannigfaltigkeit der meteorologischen Faktoren erscheint es begreiflich, daß auch die Urteile über den Wert der Sonnenbäder weit auseinandergehen. Während einige Forscher [56] versuchen, Grundlagen für die Wirkungsweise und Indikationen der Sonnenbäder zu finden, halten andere [57] deren Nutzen für zweifelhaft oder weisen direkt auf deren Schädlichkeit hin [58].

Literatur:

1) Zeitschr. f. Hyg. XIX, S. 312, 1895.
2) Proc. of Roy. Soc. London 1877, Bd. 26, Nr. 184 und ebenda Bd. 28, 1878, Nr. 191.
3) Compt. rend. Paris 1885, Bd. 100, 101; 1887, Bd. 104.
4) Compt. rend. Paris 1885, Bd. 100, 101; Ann. de l'inst. Pasteur 1887, Nr. 2.
5) Centr. f. Bakt. 1892, Bd. 11 und Bd. 12. Arch. f. Hyg. Bd. 17.
6) Arb. aus d. Kais. Ges.-Amte. 1894, Bd. 9.
7) Arch. f. Hyg. Bd. IX.
8) Pflügers Archiv. Bd. XXX, S. 95. Bot. Zeitschr. 1888, S. 661.
9) Die Purpurbakterien. Jena 1907, S. 33.
10) Wirkungen des Lichtes und der Wärme auf Schwärmsporen. Jena 1878.
11) Pflügers Arch. Bd. XIX, S. 1.
12) Allg. Physiol. Jena 1903, S. 428 und Verworn, Psychophysiologische Protistenstudien.
13) Pflügers Arch. Bd. 63, S. 273.
14) Rev. scient. 1878. Nr. 42.
15) Sitzb. d. W. Akad., math.-naturw. Kl. Bd. 87, Abt. I, S. 201, 1883.
16) Wien. med. Wochenschr. Bd. 5, 1855, S. 681.
17) Moleschot, Unters. zur Naturlehre. Bd. 12, 1881, S. 325.
18) Ebenda. Bd. 12, 1881, S. 100.
19) Ebenda. Bd. 12, 1881.
19a) Inaug.-Diss. Königsberg 1872.
20) Pflügers Arch. Bd. 11, S. 272, 1875.
21) Arch. f. exp. Path. und Pharmak. Bd. 12, 1879, S. 1.
22) Pflügers Arch. Bd. 42, S. 393.
23) In Noordens Handb. der Pathol. d. Stoffwechsels. II. Bd., Berlin 1907, S. 624. Daselbst reiche Literatur S. 652.
24) Moleschots Untersuch. Bd. 14, 1892, S. 623.
25) Salomon in Noordens Handb. der Path. d. Stoffw. Bd. II, S. 624, 1907.
26) Ref. Zeitschr. f. physik. u. diät. Therapie. Bd. V, S. 337, 1901.
27) Verh. d. XV. Kongr. f. int. Med. Wiesbaden 1897, S. 598.
28) Pflügers Arch. Bd. 53, 1893, S. 238.
29) Ebenda. Bd. 114, 1906, S. 1.
30) Ebenda. Bd. 108, S. 537, 1905.
31) Zeitschr. f. Biol. Bd. 21, S. 524, 1900.
32) Münchn. med. Wochenschr. 47, S. 5, 1900 und 48, S. 1810, 1901. Deutsch. Arch. f. Med. Bd. 86, S. 479, 1906.
33) Verh. d. Berl. Ges. f. Anthrop. Bd. 57, 1887.
34) Mitt. aus Finsens Lichtinst. Bd. IX, S. 192, 1905.
35) Bioch. Zeitschr. 1908, S. 275, XIV. Bd.
36) Brücke, Denkschr. d. Kais. Akad. Wien 1854. Reiche Lit. bei Rynberk, Ergebn. d. Physiol. Wiesbaden 1906, Bd. 5, S. 363.
37) Compt. rend. 1871, S. 866.

38) Möller, Bull. medic. 1901, Nr. 27.
39) Lesser, Lehrb. d. Hautkrankheiten. Leipzig 1885, S. 206; Jarisch, Die Hautkrankheiten. 1900, S. 793 in Nothnagels Handb. d. Path. u. Therapie.
40) Wedding, loc. cit. (vgl. Anm. 33).
41) Siehe Lit. bei Merk, Die Hauterscheinungen der Pellagra, Innsbruck. 1909, S. 43.
42) Hospitalstidende 1893, Bd. 36, Nr. 44, zit. Hyg. Rundsch. IV, 1894, S. 418.
43) Wien. Klin. Wochenschr. 1904, S. 971.
44) Dunkan, Proph. of Sunstroke. Journ. of Trop. Med. Nr. 20, 1902.
45) Zeitschr. f. Met. Bd. 28, S. 48, 1893.
46) Skand. Arch. f. Physiol. 1889, I, S. 264.
47) Arch. f. Hyg. Bd. 47, S. 276, 1903.
48) Arch. f. Hyg. Bd. 65, S. 17, 1908.
49) Mitt. aus Finsens Lichtinstitut. 1900, Bd. I, S. 8.
50) Lesser, Hautkrankheiten. Leipzig 1885, S. 175.
51) Monatsschr. f. prakt. Derm. Bd. 18, S. 16.
52) Arch. f. Hyg. Bd. 10, 1890, S. 363.
53) Monatshefte f. prakt. Dermatol. IV, 1885, S. 286, 287.
54) Arch. f. Hyg. **20**, 1894, S. 345.
55) Arch. f. Hyg. **44**, 1902, S. 322.
56) Lenkei, Zeitschr. f. diät. und physik. Therapie. Bd. 8, S. 396 u. Bd. 9, S. 194.
57) Bang, Berl. Klin. Wochenschr. 1901, Nr. 49.
58) Grawitz, Deutsche med. Wochenschr. 1909, Nr. 33.

Die Hygiene des Bodens.

Von

W. Prausnitz in Graz.

Die Hygiene des Bodens.

Einleitung.

Die Beziehungen des Menschen zu dem Boden, auf welchem er lebt, sind mannigfache. Der Boden übt auf die menschliche Gesundheit einen bedeutenden Einfluß aus.

Die Häuser, welche die Wohnungen bergen, werden auf den Boden oder richtiger, die Fundamente der Häuser in den Boden gestellt. Die Beschaffenheit desselben, namentlich in bezug auf Zusammensetzung und Wassergehalt, müssen beim Hausbau berücksichtigt werden, wenn verhütet werden soll, daß derselbe unter gewissen Bedingungen die menschliche Gesundheit schädigt.

Der Boden bildet weiterhin das Reservoir, aus welchem, von wenigen Ausnahmen abgesehen, die Menschen das Wasser zum Trinken, zur Herstellung von Speisen, zur Reinigung und Erfrischung des Körpers, zur Reinigung der Wohnung, des Hauses, der Straße, der Geräte, endlich für technische und gewerbliche Zwecke der verschiedensten Art entnehmen. Für die Beschaffenheit des Wassers und seine Eignung für die vielfachen, hier nur summarisch angedeuteten Zwecke ist die Art des Bodens von entscheidender Bedeutung: Tales sunt aquae, qualis terra per quam fluunt.

Die oberen Bodenschichten haben ferner die Aufgabe, die Leichen der Menschen nach ihrem Tode aufzunehmen. Die „Beerdigung" in einem geeigneten Boden ist die einfachste und zweckmäßigste Art der Bestattung der Leichen.

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist sodann die Fähigkeit des Bodens, die menschlichen und tierischen Abfallstoffe aufzunehmen, sie zu zersetzen, in einfach konstituierte Verbindungen zu zerlegen und sie damit derart umzubilden, daß sie von der Pflanze für ihre Ernährung aufgenommen werden können. Der Boden bildet damit das wichtigste Glied im Kreislauf der Elemente, indem er die Zersetzungsprodukte des menschlichen und tierischen Stoffwechsels zum Aufbau der Pflanze und damit zur Ernährung von Menschen und Tieren geeignet macht.

Schließlich sind es auch Vorgänge im Boden, welche es ermöglichen, daß der elementare Stickstoff der Atmosphäre von Pflanzen aufgenommen, der Ernährung von Tieren und Menschen dienen kann.

Die Zusammensetzung des Bodens.

Das Studium des Bodens, wie es der Hygieniker wegen der vielfachen Beziehungen desselben zur menschlichen Gesundheit betreiben muß, deckt sich nicht mit den Aufgaben der wissenschaftlichen Geologie.

Die Aufgaben der Geologie liegen in der Erforschung des Baues und der Entstehung der Erde, namentlich der Erdrinde. Die Hygiene muß, wie von vielen anderen Wissenschaften, so auch von manchen Ergebnissen der Geologie Gebrauch machen; sie hat sich jedoch nur mit der Beschaffenheit der oberflächlichsten Erdschichte insoweit zu beschäftigen, als diese Erdschichte direkt oder indirekt das menschliche Wohl beeinflußt. Während die Geologie die Zusammensetzung der die Erde, namentlich die Erdoberfläche bildenden Teile, ihr Entstehen und ihre Veränderungen zu erforschen und zu verfolgen hat, handelt es sich für die Hygiene hauptsächlich nur darum, festzustellen, wie der „Boden", zumeist nur die oberflächlichsten Bodenschichten sich in bezug auf Gesteinselemente, Luft und Wasser verhalten. Hieraus läßt sich dann im wesentlichen alles das erklären, was die von der Hygiene zu suchenden Aufschlüsse über die Beziehungen des Bodens zur menschlichen Gesundheit gewähren kann. Eine besondere Bedeutung einzelner Formationen im hygienischen Sinne kommt dem Boden nur in bezug auf die Wasserversorgung zu; das hierauf Bezügliche wird im Kapitel Wasserversorgung behandelt werden.

Zur allgemeinen Orientierung sei hier nur daran erinnert, daß die Geologen zahlreiche Systeme aufgestellt haben, in denen die Gesteine und die Gesteinstrümmer angeordnet sind.

Das Crednersche System unterscheidet (nach Fodor [1]) hauptsächlich:

I. Einfache Gesteine: Eis-, Chlorid-, Nitratgesteine (Kochsalz, Salpeter), Sulfatgesteine (Gips), Phosphatgesteine, Karbonatgesteine (Kalkstein, Dolomit, Spateisenstein), Kieselgesteine (Quarz, Quarzitschiefer, Quarzsandstein). Silikatgesteine (Schiefer, Serpentin), oxydische Erzgesteine (Braun-, Rot-Magneteisenstein), Kohlengesteine (Torf, Kohle, Graphit, Asphalt, Petroleum).

II. Gemengte kristallinische Gesteine:

a) massige Gesteine (Granit, Granitporphyr, Quarzp., Felsitp., Syenit, Trachyt, Nephelinsyenit, Diorit, Gabbro, Diabas, Basalte, Olivingesteine);

b) geschichtete Gesteine (Gneis, Glimmerschiefer u. a.).

III. Trümmer-(klastische) Gesteine:

a) lose Haufwerke (Sand, Kies, Gerölle, vulkanische Asche);

b) Sandsteine, Konglomerate, Breccien;

c) Tongesteine (Kaolin, Ton, Lehm, Löß, Mergel, Schiefer, Tonschiefer);

d) Tuffe.

In den Hauptzügen sei dann noch (nach Fodor) die Einteilung der Gesteine wiedergegeben, wie sie in den grundlegenden Bearbeitungen der Hygiene des Bodens von Soyka [2] und Fodor [1] zusammengestellt wurden. Von den beiden Hauptgruppen der Massengesteine und Schichtgesteine sind die

I. Massengesteine*)

massige, nicht geschichtete Steine vulkanischen Ursprungs von kristallinischer, körniger oder glasiger Struktur. In ihrer ursprünglichen Beschaffenheit hart und undurchlässig, sind sie jedoch an der Oberfläche und den Spaltungen stark verwittert. Ihre Ausdehnung ist gewöhnlich nicht groß. Die Oberfläche von Massengesteinen ist meist bergig. Zu ihnen gehören:

*) Es ist hier die ältere Einteilung beibehalten worden, weil die neuere für die Zwecke dieses Handbuches ohne Bedeutung ist.

1. Die Granit- und Felsitporphyrfamilie (Granit, Syenit, Felsit- oder Quarzporphyr) bildet plutonische, altvulkanische Gesteine, welche aus kristallisierten, körnigen oder porphyrischen Gemengen von Quarz, Feldspat und Glimmer oder Hornblende bestehen.

2. Grünsteinfamilie (Diorit, Diabas, Gabbro, Augitporphyr, Melaphyr usw.). Plutonische Gesteine. Quarz, Feldspat mit Hornblende oder Augit.

3. Trachytfamilie (Quarztrachyt oder Rhyolith, Trachyt, Andesit, Propylit, Trachytpechstein oder Perlit, Bimsstein usw.). Neuvulkanische oder Lavagesteine. Der Granitfamilie in der Zusammensetzung ähnlich, Struktur porphyrisch oder glasig.

4. Basaltfamilie (Feldspat-, Nephelin-, Leucinbasalt, Limburgit, Dolerit, Anamesit. Lavengesteine.

5. Serpentin- und Olivingesteine.

II. Schichtgesteine.

Ablagerungen von oft großer Flächenausdehnung und Mächtigkeit.

A. Nichtklastische Schichtgesteine.

a) Einfache, nichtklastische Schichtgesteine nur aus einer Mineralsubstanz, geschichtet:

Eis, Steinsalz, Salpeter, Phosphorit, Eisensteine, Kieselgesteine, Quarzit, Graphit, Kohle, Torf, Bitumen, Petroleum, Kalkstein (Kalkspat, Marmor, Kalkstein), Kreide, Korallenkalk, Kalktuff oder Travertin, variable Permeabilität.

Dolomit, geringe Permeabilität. Gips und Anhydrit, Alabaster, Schwerspat.

b) Zusammengesetzte (gemengte), nichtklastische Schichtgesteine, aus mehreren Mineralien bestehend, geschichtet.

Gneis, in seinen Bestandteilen dem Granit gleich, Anordnung in Lagen, schieferig.

Glimmerschiefer, Quarz und Glimmer oft mit Granaten.

Tonglimmerschiefer, Granulit, Turmalinschiefer.

In bezug auf Oberflächenformation, Struktur, Härte, Impermeabilität usw. sind die zusammengesetzten kristallinischen Schiefergesteine den Massengesteinen oft ähnlich.

B. Die klastischen Schichtgesteine

sind aus der Wiederablagerung von Trümmern mechanisch zerkleinerter, verwitterter und zersetzter älterer Gesteine entstanden; sie sind entweder nur lose aufeinander gehäuft oder mehr oder weniger fest miteinander verbunden.

1. Vulkanische Trümmergesteine, verkittete und lose Gesteinstrümmer, vulkanischer Sand, Asche, vulkanische Tuffe, Traß, meistens porös und permeabel.

2. Durch Wasser gerollte (neptunische) Trümmergesteine.

a) Verkittete: Psephite = verkitteter Schotter, Breccie aus eckigen, Konglomerat, Nagelfluh aus abgerundeten Fragmenten bestehend, meist permeabel.

Psammite = zusammengekitteter Sand, Sandstein; Grauwacke permeabel.

Pelite = erhärteter Schlamm. Schieferton, Dachschiefer usw. Wenig oder gar nicht permeabel.

b) Nicht verkittete: Schotter, Gerölle, großkörnige, durch Wasser gerollte Gesteinstrümmer. Quarz-Trachyt—Kalkschotter.

Ton, Letten: Rückstand der Verwitterung feldspatreicher Gesteine. Sehr geringe Permeabilität.

Mergel = Ton mit kohlensaurem Kalk, sehr wenig permeabel.

Löß, sehr feinen Sand enthaltender, kalkiger, nicht fester Lehm. Lehm, sandhaltiger, etwas kalkiger, oft eisenschüssiger Ton. Ihm ähnlich der Tegel. Wenig permeabel.

Sand. Mittel- und feinkörnige Gesteinstrümmer, Quarzsand, Kalksand.

Dammerde, Humuserde, Kulturboden, Moorboden, Sumpfboden, Schlammboden bilden Bodenarten, welche als nichtverkittete Trümmergesteine aufzufassen sind, die durch Kultur oder natürliche Prozesse entstanden, an pflanzlichen oder tierischen Verwesungsprodukten reich sind.

Im Gegensatz endlich zu den durch allmähliche Ablagerung, entstandenen „gewachsenen“ Bodenarten steht der durch Aufschüttung von industriellen, baulichen, Haus- und Straßenabfällen entstandene Schuttboden.

Die Lufträume des Bodens.

Der verschiedenartige Einfluß, welcher vom Boden auf die menschliche Gesundheit ausgeübt wird, ist in der Beschaffenheit desselben begründet. Die einzelnen Teile des Bodens, ihre Gruppierung, das Verhalten zu Luft und Wasser bedingen den Verlauf der Prozesse, welche direkt oder indirekt auf das menschliche Wohlergehen einwirken. Was zunächst das Verhältnis des Bodens zur Luft anlangt, so haben wir kompakten festen Boden (Fels) von nichtkompaktem, lufthaltigem zu unterscheiden. Lufthaltiger Boden ist vorhanden, wenn entweder das denselben bildende Gestein, auch wenn es ein Fels ist, Poren enthält, oder aber, wenn die festen, nicht porösen Bodenteilchen durch unvollständige Aneinanderlagerung Poren zwischen sich lassen, wie dies eine selbstverständliche Folge der mehr oder minder rundlichen Form der einzelnen Bodenteilchen mancher Bodenarten (Sedimentärgesteine) ist. Von dem Verhältnis des Porenvolumens zum Gesamtvolumen des Bodens und der Beschaffenheit bez. Gruppierung der Poren sind verschiedene, im Boden sich abspielende, hygienisch wichtige Vorgänge abhängig. Das Porenvolumen ist zunächst bedingt durch die Größe der den Boden zusammensetzenden einzelnen Partikelchen; man bestimmt die Größe derselben mit dem Knopschen Siebsatz, dessen Konstruktion ohne weiteres aus Fig. 57 zu entnehmen ist. Siebt man eine Bodenprobe mit einem derartigen Sieb, so erhält man Körner von sechs Dimensionen, die gewöhnlich, wie folgt, bezeichnet werden:

I.	Grobkies,	größer als	7 mm			
II.	Mittelkies,	„ „	4 „	und kleiner als	7	mm
III.	Feinkies,	„ „	2 „	„ „ „	4	„
IV.	Grobsand,	„ „	1 „	„ „ „	2	„
V.	Mittelsand,	„ „	0,3 „	„ „ „	1	„
VI.	Feinsand,			„ „	0,3	„

Das Porenvolumen, eine von Renk eingeführte Bezeichnung, ist bei gleich großen Bodenpartikelchen nicht sehr verschieden, weil die viel zahl-

reicheren Einzelporen eines feinen Bodens das gleiche oder noch größere (Fig. 58) Volumen haben als die spärlicheren Poren eines grobkörnigen Bodens (Fig. 58), während das kleinste Porenvolumen der Boden haben wird, bei welchem sich zwischen die größeren Poren immer kleinere Partikelchen lagern (Fig. 58).

Zur Bestimmung des Porenvolumens sind u. a. von Pettenkofer, von Flügge und von Schwarz Verfahren angegeben worden. Nach Pettenkofer füllt man den zu untersuchenden Boden in lufttrockenem Zustande in Meßzylinder und schüttelt, bis ein weiteres Setzen der Bodenpartikelchen nicht mehr erfolgt. Das Volumen wird nun abgelesen $= V_1$ und eine bestimmte Wassermenge $= V_2$ hinzugefügt; nach gründlichem Durchschütteln wird wiederum abgelesen $= V_3$; $V_1 + V_2 - V_3$ ist dann dem gesuchten Porenvolumen gleich.

Flügge [3] entnahm bei seinen Studien über die Porosität des Bodens,

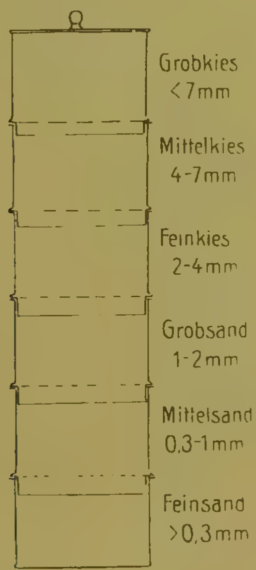


Fig. 57. Knopscher Siebsatz.

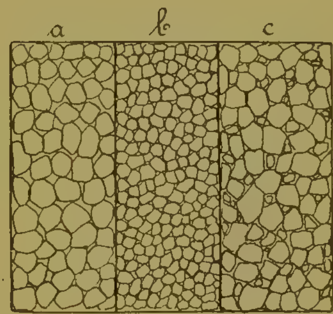


Fig. 58.

zur Bestimmung des Porenvolumens, den Boden mit einer Metallstanze von bekanntem Volumen seinen natürlichen Verhältnissen, verdrängte die Luft durch Kohlensäure und bestimmte schließlich das Volumen der Kohlensäure, nachdem er sie wieder ausgetrieben; er fand in

Kies	38,4—40,1	Porenvolumen
Sand	35,6—40,8	„
Lehm	36,2—42,5	„
Gemenge aus gleichen Teilen Kies und Sand	23,1—28,9	„

Schwarz [4] bestimmte das absolute und spezifische Gewicht gewachsenen Bodens und berechnete hieraus das Porenvolumen. Er fand in

Grobsand	39,4	Proz.	Porenvolumen
Lehmboden ohne organische Substanzen	45,1	„	„
Tonboden mit organischen Substanzen	52,7	„	„

Mooriger Boden mit 82 Proz.
organischen Substanzen . . . 84,0 Proz. Porenvolumen.

Diese und andere Versuche zeigten, daß das Porenvolumen am kleinsten in Bodengemischen ist; am größten ist es in Torf, humösen, überhaupt feinkörnigen Bodenarten, während die grobkörnigen Bodenproben in der Mitte stehen, wie dies aus der schematischen Skizze Fig. 58 ohne weiteres verständlich ist.

Von der Größe und Anordnung der Poren ist nun die Durchgängigkeit derselben für Luft und Wasser abhängig. So fand Renk (zitiert nach Soyka [2]) bei Bestimmung der Luftpermeabilität verschiedener Bodenarten unter gleichem Druck die in der nachfolgenden Tabelle angeführten Werte:

Tabelle I.

Material	Korngröße Durchmesser in mm	Poren-volumen Proz.	Druck in mm Wasser	Geförderte Luftmenge Liter in der Minute	
				absolut	relativ
Feinsand	unter 0,3	55,5	20	0,00233	1
Mittelsand	1—0,3	53,5	20	0,112	84
Grobsand.	2—1	37,9	20	1,28	961
Feinkies	4—2	37,9	20	6,91	5195
Mittelkies	7—4	37,9	20	15,54	11684

Bei grobkörnigem Boden ist also trotz geringerem Porenvolumen die Luftdurchgängigkeit um ein Vielfaches höher als bei feinkörnigen Bodenarten. Die Permeabilität wird durch Wasser mehr oder minder erheblich eingeschränkt, am stärksten, wenn das Wasser gefroren ist. Die Luftdurchgängigkeit ist bei Befeuchtung des Bodens abhängig davon, ob der Boden von oben oder von unten befeuchtet wird, wie dies aus der nachfolgenden Versuchsreihe von Renk [5] entnommen werden kann:

Tabelle II.

Material	Korn-größe mm	Poren-volumen Proz.	Mano-meter-druck des Aspirators mm Wasser	Geförderte Luftmenge pro Stunde (1)			Zurückgehaltene Wassermenge in Proz. des Porenvolumens bei Befeuchtung	
				trocken	befeuchtet von oben	befeuchtet von unten	von oben	von unten
Mittelkies .	<7	37,9	20	15,54	14,63	13,70	6,6	12,6
Feinkies . .	<4	37,9	40	14,04	13,16	12,55	7,8	16,9
Grobsand .	<2	37,9	40	2,33	1,91	1,71	23,4	31,2
Mittelsand .	<1	55,5	150	0,84	0,23	0,00	36,4	46,5
Feinsand . .	<1/3—1/4	55,5	150	0,01	0,00	0,00	65,1	77,4

Die Bodenluft

ist besonders häufig untersucht worden. Die Luftentnahme geschieht durch Ansaugen der Luft durch Röhren, welche bis zu der gewünschten Tiefe in den Boden eingeschlagen werden. Die angesogene Luft wird durch Absorption usw. in der gewöhnlich üblichen Weise analysiert. Hierbei hat sich nun herausgestellt, daß die Zusammensetzung der Bodenluft von der der atmo-

sphärischen Luft gewöhnlich ganz erheblich abweicht, eine Folge der, namentlich in den oberen Bodenschichten, ablaufenden Zersetzungen organischer Substanzen; nur in ganz reinem Boden hat die Grundluft die Zusammensetzung der atmosphärischen, mit der sie ja in steter Verbindung steht. Ein Austausch findet hauptsächlich durch die Schwankungen des Barometerstandes, durch Winddruck und durch die Bewegungen des Grundwassers statt. Der Einfluß des Winddrucks auf die Bewegung der Bodenluft läßt sich durch ein von Pettenkofer [6] angegebenes Vorlesungsexperiment leicht darstellen. Man bringt (Fig. 59) in einen Glaszylinder ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr, dessen kürzerer Schenkel mit einem Manometer in Verbindung steht und füllt dann den Zylinder mit porösem Boden. Bläst man dann durch ein anderes Glasrohr über den Zylinder hinweg oder

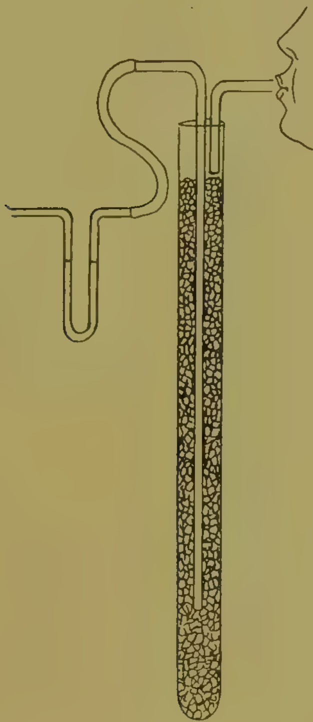


Fig. 59.



Fig. 60.

vertikal auf die Zylinderoberfläche, so wird die Luftbewegung durch das poröse Bodenmaterial bis zum unteren Ende der Glasröhre übertragen, was an den Bewegungen der Flüssigkeit im Manometer sofort deutlich sichtbar wird.

Oder aber man kann, wie ebenfalls von Pettenkofer (l. c., S. 83) angegeben wurde, die leichte Beweglichkeit der Luft in porösem Boden dadurch experimentell vorführen, daß man größere, unten offene Glaszylinder etwa zur Hälfte mit einem porösen Bodenmaterial (groben Sand oder feinen Kies) füllt, dann einen kleinen Käfig mit einem Vogel oder einer Maus einsetzt und darauf den Glaszylinder mit dem porösen Bodenmaterial vollfüllt (Fig. 60). Die Tiere halten sich tagelang in solcher Lage ganz munter, ein Beweis, daß eine stete Luftströmung durch den Boden hindurchgeht und die verbrauchte Luft durch nachströmende frische Luft ersetzt wird. Bei diesem Versuch ist selbstverständlich die durch die Wärme des Tieres er-

folgende Lufterwärmung die Ursache der Luftbewegung; die erwärmte veränderte Luft steigt auf, kohlensäurearme Luft strömt nach.

Der Kohlensäuregehalt der Bodenluft ist ein sehr schwankender. Örtliche und zeitliche Schwankungen sind zu beobachten; ihre Intensität ist abhängig von den im Boden ablaufenden, Kohlensäure bildenden Zersetzungen und der Permeabilität des Bodens. Um einige Beispiele anzuführen, sei berichtet, daß Pettenkofer im Münchner Boden in 4 m Tiefe bis 28,14 ‰, Fleck in Dresden in maximo 75,1 ‰ in 6 m Tiefe und Fodor in Klausenburg bis 140,12 ‰ in 4 m Tiefe fanden. Im allgemeinen gehen Abnahme des Sauerstoffs und Zunahme der Kohlensäure parallel.

Außer Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure kann die Grundluft auch Ammoniak enthalten, welches gewöhnlich, aber nicht immer, bei unvollständiger Oxydation organischer Substanzen im Boden nachweisbar ist. (Siehe hierüber unter Bedeutung des Ammoniaks im Wasser.) Ferner werden, wenn auch nur selten, in der Bodenluft andere Zersetzungsgase, Schwefelwasserstoff, Kohlenwasserstoffe gefunden. Durch undichte Gasröhren wird dem Boden das den Gasröhren entströmende Leuchtgas beigemischt, welches dann, wenn die Bodenluft in die Häuser eindringt, zu Vergiftungen Veranlassung geben kann, wofür ein besonders typisches Beispiel von Pettenkofer [6] in seinem Vortrage „Über die Luft im Boden oder Grundluft" beschrieben wurde (l. c., S. 111). Weitere Fälle sind u. a. in einer Arbeit von Wolffberg [7] (Leuchtgasvergiftung nach Bruch der Straßenrohre) enthalten. Experimentelle Untersuchungen über die Verbreitung des Leuchtgases und des Kohlenoxyds im Erdboden sind von Welitschowsky [8] ausgeführt worden.

Verhalten des Wassers im Boden.

Wie die atmosphärische Luft mit der Bodenluft in steter Verbindung, in stetem Austausch sich befindet, so findet auch zwischen dem in der Atmosphäre und in der Erde vorhandenen Wasser ein regelmäßiger Austausch statt. Ein bedeutender Teil des in der Atmosphäre, auf der Erdoberfläche und in den oberflächlichen Erdschichten anzutreffenden Wassers ist in steter Bewegung. Wir können einen Kreislauf des Wassers beobachten, der hauptsächlich folgenden Gang nimmt. Von der Erdoberfläche, vom Boden sowohl wie von den auf der Erde lebenden Tieren und Pflanzen, ferner von den Oberflächengewässern — Bächen, Flüssen, Teichen, Seen, Meeren — gehen unausgesetzt große Mengen von Wasser durch Verdunstung in die Atmosphäre über. Von dort aus gelangt ein Teil unter bestimmten meteorologischen Verhältnissen als Regen, Schnee, Hagel usw. oder durch Kondensation auf die Erdoberfläche. Die Niederschläge fallen dann entweder sofort wieder in die Oberflächengewässer, oder aber sie fließen ihnen direkt zu. Ein anderer Teil gelangt durch die Poren des Bodens in tiefere Bodenschichten, sammelt sich schließlich in diesen als Grundwasser an und gelangt dann auf den die Grundwässer tragenden undurchlässigen Schichten, deren Gefälle folgend zu den Bächen und Flüssen, von diesen in die Seen und Meere, deren Oberfläche wieder durch Verdunstung Wasser an die Atmosphäre abgibt. Dies ist in den gröbsten Zügen der Kreislauf des Wassers.

Seit den grundlegenden Untersuchungen Franz Hofmanns [9] behandelt der Hygieniker das Verhalten des Wassers in den oberflächlichen Schichten getrennt von dem des Grundwassers und unterscheidet bei den über dem

Grundwasser befindlichen Schichten in bezug auf ihren Wassergehalt von oben nach unten (Fig. 61):

1. die Verdunstungszone,
2. die Durchgangszone,
3. Zone der kapillären Grundwasserstände.

Die Verdunstungszone, welche in unseren Klimaten kaum 1 m Höhe hat, ist die Zone, in welcher direkte Befeuchtung durch Niederschläge einerseits und Verdunstung andererseits einen raschen Wechsel im Wassergehalt des Bodens hervorbringen. Die Höhe der Schicht ist von der Dauer der Niederschlagsperioden, von der Beschaffenheit der Oberfläche und der Porosität des Bodens abhängig. Poröser, nicht bewachsener Boden wird das oberflächlich aufgenommene Wasser rascher abgeben als ein humöser, bewachsener oder ein lehmiger Boden. Die Wasserkapazität, die wasserbindende Kraft des Bodens und die Stärke der Niederschläge spielen

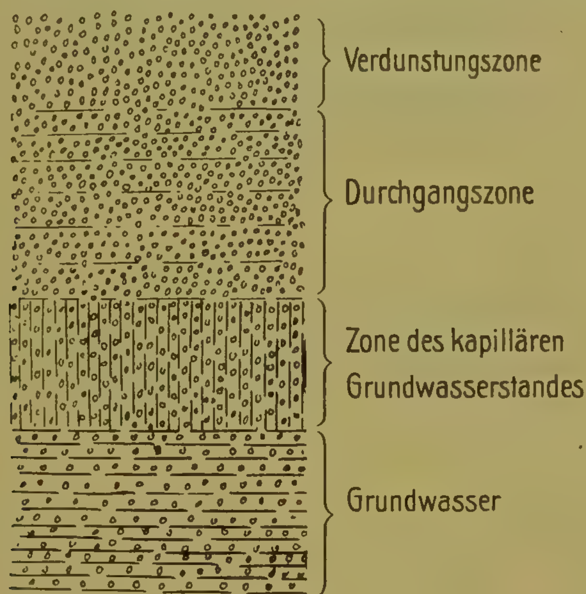


Fig. 61.

hier eine wichtige Rolle. Die Wasserkapazität ist abhängig vom Porenvolumen. Unter wasserbindender Kraft wird die Fähigkeit des Bodens, Wasser zu binden und zurückzuhalten, verstanden. Sie ist abhängig von den zwischen den Bodenpartikelchen befindlichen kapillären Hohlräumen; sie ist um so größer, je feiner diese Hohlräume sind. Kies, Quarzsand, Gips, Kalksand, sandiger Lehm, reiner Ton, kalkhaltiger Lehm, humöser Boden, Torf können in aufsteigender Menge Wasser aufnehmen und zurückhalten, Torf bis zur zehnfachen Menge seines Gewichts. Bei experimenteller Bestimmung der wasserbindenden Kraft findet man diese höher, wenn die Durchfeuchtung von unten nach oben, als wenn sie in umgekehrter Richtung erfolgt (Renk), weil im letzteren Falle das Wasser in den Boden ungleichmäßig eindringt und einzelne Teile — Inseln — unbefeuchtet läßt.

Der Verdunstungszone nach unten folgt die Hofmannsche Durchgangszone; es ist die Zone über der Zone des kapillären Grundwasserstandes, auf welche die oberflächliche Verdunstung einen Einfluß nicht mehr ausübt; ihr konstanter und reichlicher Wassergehalt entspricht der Wasserkapazität des Bodens.

Dem Grundwasser zunächst liegt dann die Zone des kapillären Grundwasserstandes; sie ist um so höher, je feiner die zwischen den Bodenteilchen befindlichen Poren sind.

Als Grundwasser bezeichnet man das Wasser, welches sich auf einer undurchlässigen Bodenschicht ansammelt und diese ganz ausfüllt. Pettenkofer hat den Begriff Grundwasser kurz und erschöpfend folgendermaßen präzisiert: „Grundwasser ist jene unterirdische, im porösen Erdreiche be-

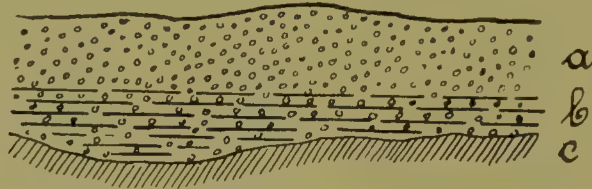


Fig. 62. a poröser Boden, b Grundwasser, c undurchlässige Schicht.

findliche, bald mehr, bald weniger hohe Wasserschicht, welche uns durch das Graben von Brunnen zugänglich gemacht wird.

Die Grundwässer unserer Bodenflächen können als unterirdische Teiche und Flüsse betrachtet werden, welche mit Alluvionen ausgefüllt und bald mehr, bald minder hoch überschüttet

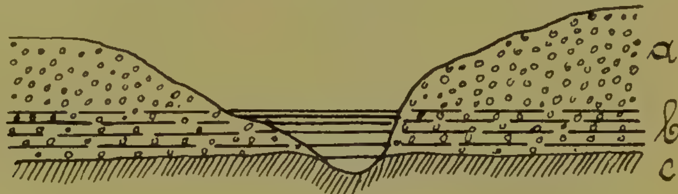


Fig. 63.

sind, so daß wir über und auf dem Spiegel derselben wohnen und die Erde bebauen. Wenn wir einen Brunnen anlegen, so graben wir eine Öffnung durch die Bedeckung dieses unterirdischen Wassers, heben, am Wasserspiegel angelangt, noch einige Fuß tiefer das Material aus, womit das Becken angeschüttet ist, in welcher Höhlung sich dann jenes Wasser

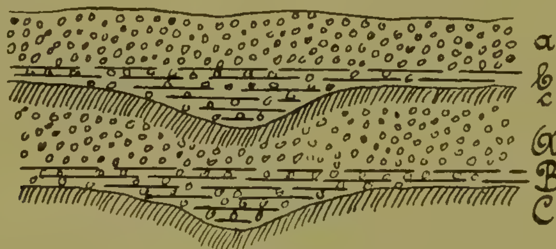


Fig. 64.

ansammelt, welches wir mit Pumpen oder Schöpfeimern an die Oberfläche fördern“.

Die Ansammlung, Lagerung und Bewegung des Grundwassers ist ausschließlich abhängig von dem Verlauf der Erdschichten auf bzw. in welchen es sich ansammelt. Den einfachsten Fall stellt Fig. 62 dar: auf einer undurchlässigen Bodenschicht hat sich in der darüber liegenden porösen Schicht das Grundwasser angesammelt. Liegt die undurchlässige Schicht der Ober-

fläche sehr nahe, oder tritt sie sogar an die Oberfläche, so entstehen Flüsse, Teiche, Seen usw. (Fig. 63). Wechseln durchlässige und undurchlässige Bodenschichten nacheinander, so findet man auch das Grundwasser in mehrfacher Schichtung (Fig. 64).

Die Oberfläche des Grundwassers ist abhängig von der Lage der es tragenden undurchlässigen Schicht, welcher es mehr oder minder parallel liegt, während die Bodenoberfläche auf die Grundwasseroberfläche keinen oder einen nur geringen Einfluß ausüben kann (Fig. 65).

Der Spiegel des Grundwassers ist ein wechselnder, von der Bewegung desselben abhängiger. Man hat vertikale (Schwankungen) von hori-

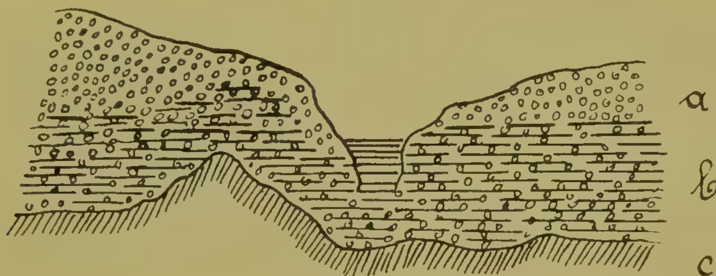


Fig. 65.

zontalen Bewegungen (Strömungen) zu unterscheiden, auf welche die nachfolgend aufgezählten Momente einen entscheidenden Einfluß ausüben:

1. die Menge und der Ort fallender Niederschläge;
2. die Verteilung derselben — oberflächlicher Ablauf, Einsickerung, Verdunstung —;
3. die Wasserkapazität der oberflächlichen Bodenschichten;
4. das Gefälle der das Grundwasser tragenden undurchlässigen Schicht und damit der Zufluß von Grundwasser, welches an anderem Orte entstanden ist;
5. der Wasserstand in naheliegenden Flüssen.

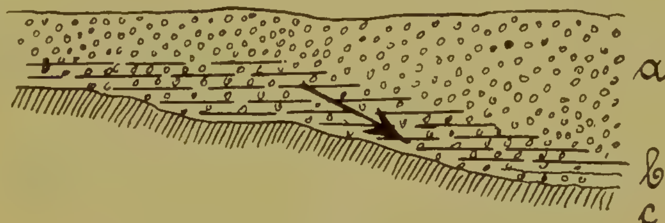


Fig. 66.

Daß die Menge und die Art der Niederschläge die Bildung des Grundwassers an einem bestimmten Punkte beeinflussen, ist ganz selbstverständlich. Fallen an einem Orte noch so große Niederschläge, so wird dennoch eine reichliche Grundwasseransammlung nicht stattfinden, wenn daselbst die undurchlässigen Schichten nach oben konvex oder derart abschüssig gelagert sind, daß das durch die porösen Bodenschichten herabfließende Wasser auf der undurchlässigen Schicht weiter geleitet wird (Fig. 66 u. 67). Das Grundwasser wird dann, dem Gesetz der Schwere folgend, dorthin gleiten, wo die Verhältnisse so liegen, wie sie unsere schematischen Skizzen Fig. 62 u. 63 zeigen.

Daß Flüsse auf den Stand des Grundwassers einen wechselnden Einfluß

ausüben, ist die Folge ihres ungleichen Wasserstandes, wie dies ohne weiteres die beiden Schemata Fig. 68 u. 69 deutlich machen. Bei Niederwasser strömt das Grundwasser den Flüssen zu, die ja hierdurch entstehen und an Wasserfracht gewinnen (Fig. 68), bei Hochwasser jedoch kann das Grundwasser aufgestaut werden oder sogar Flußwasser in das Ufergelände zurücktreten (Fig. 69).

Die Geschwindigkeit des Grundwasserstromes ist von dem Gefälle

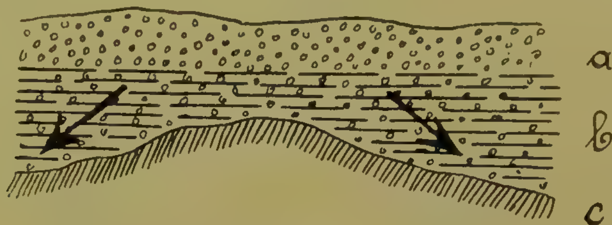


Fig. 67.

der tragenden Schicht und der Porosität der durchlässigen Schichten abhängig. Bei schwachem Gefäll und nicht oder wenig durchlässigem Boden kann es geradezu zu einem Stillstand des Grundwassers kommen, das sich andererseits bei starkem Gefälle und porösem Boden sehr schnell bewegen

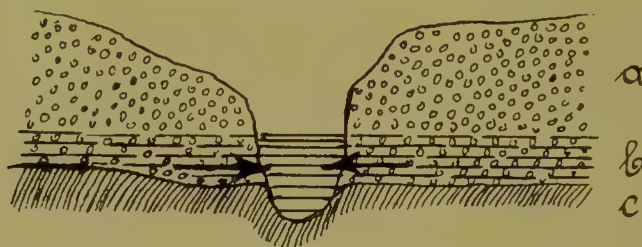


Fig. 68. Zum Fluß zuströmendes Grundwasser.

wird. Es seien hier einige von Fodor (l. c., S. 90) angeführte Zahlen wiedergegeben. Am Flußufer fand Fodor (Budapest) im Mittelsand im Mittel 53 m in 24 Stunden; am Elbufer wurden 2—3 m gemessen; an der Aller wurden von Heß 10—35 m in 24 Stunden ermittelt. Nach den an verschie-

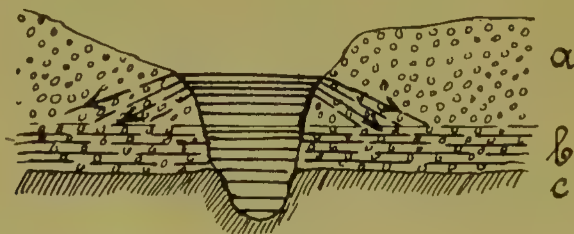


Fig. 69. Vom Flusse abströmendes Wasser (Hochwasser).

denen Orten gemachten Untersuchungen beträgt die Strömungsgeschwindigkeit pro Stunde höchstens etwa 2 m, zumeist erheblich weniger.

Von den horizontalen Bewegungen des Grundwassers wohl zu unterscheiden sind die vertikalen, die Grundwasserschwankungen. In ihnen hatte Pettenkofer ein Maß und einen Indikator für die periodischen Durchfeuchtungen der oberen Bodenschichten erblickt; sie waren, wie weiter unten noch genauer erörtert werden muß, der Ausgangspunkt zahlreicher

Untersuchungen und standen lange im Vordergrund des Interesses, seitdem von Buhl und Pettenkofer auf die Koinzidenz zwischen den Grundwasserschwankungen und dem Steigen und Fallen der Münchener Typhusepidemien hingewiesen wurde.

Unter Grundwasserstand versteht man, wie früher auseinandergesetzt wurde, die Entfernung des Grundwasserniveaus von der Bodenoberfläche;

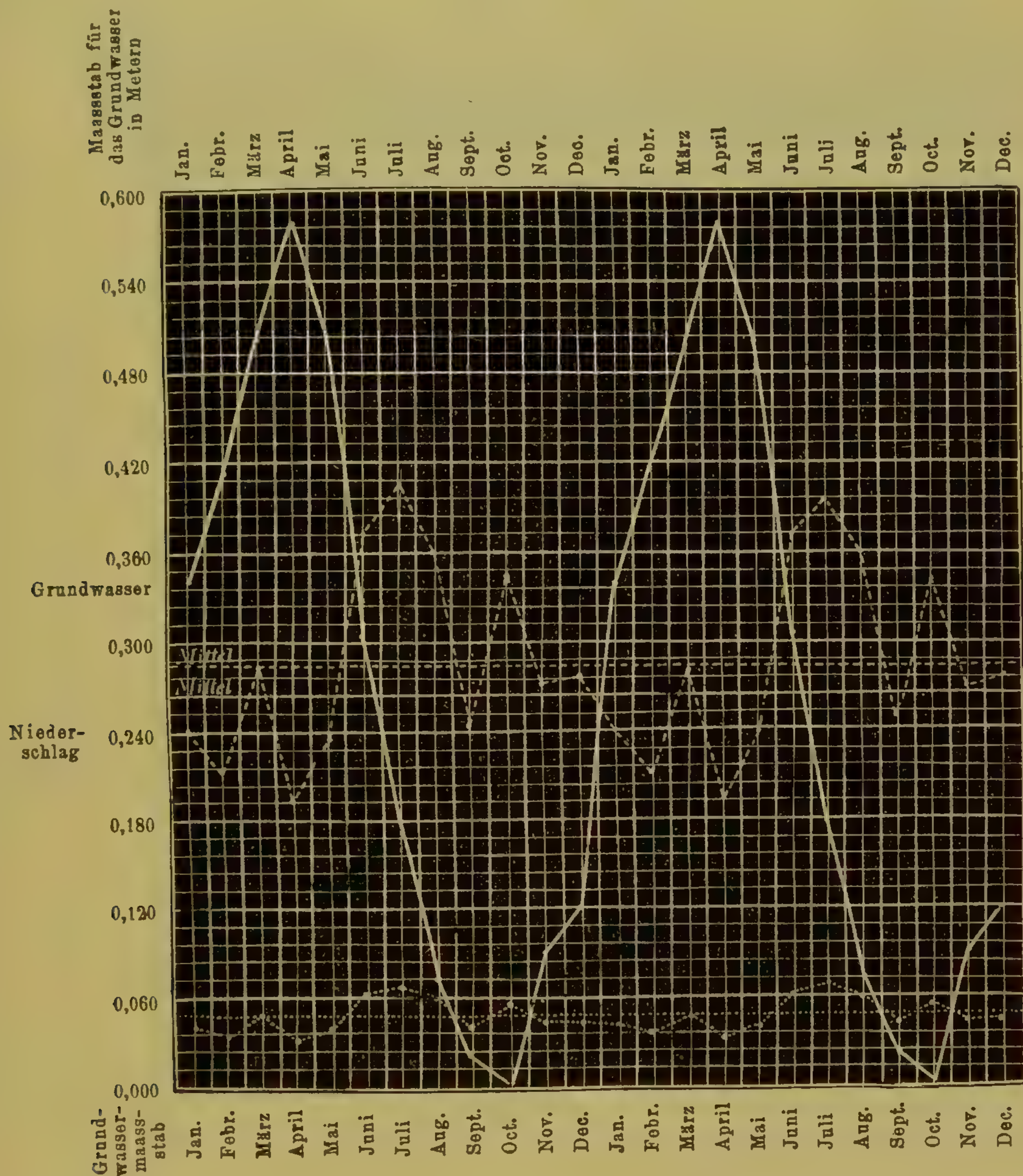


Fig. 70. —— Grundwasser, — — — Niederschlag, - - - - - Niederschlag im Maßstab des Grundwassers.

unter Grundwasserschwankung verstehen wir die Änderung dieser Entfernung durch zeitweiliges Nähertreten des Grundwasserniveaus an die Bodenoberfläche und Absinken desselben.

Amplitude der Schwankung wird die Differenz zwischen höchstem und niederstem Grundwasserstand genannt.

Die Ausdehnung der Schwankungen ist im allgemeinen eine sehr niedrige. Die Tagesschwankungen betragen zumeist weniger als 1 cm.

Die Jahresschwankungen sind in ausgedehnten ebenen Gebieten meist gering, weniger als $^1/_2$ m; sie sind erheblich höher an Orten, welche in Tälern oder Kesseln liegen oder von einem Fluß mit stark wechselndem Wasserstand beherrscht werden. Die Jahresschwankungen betragen, um einige Beispiele anzuführen, in München annähernd 2 m (Soyka), in Lemberg

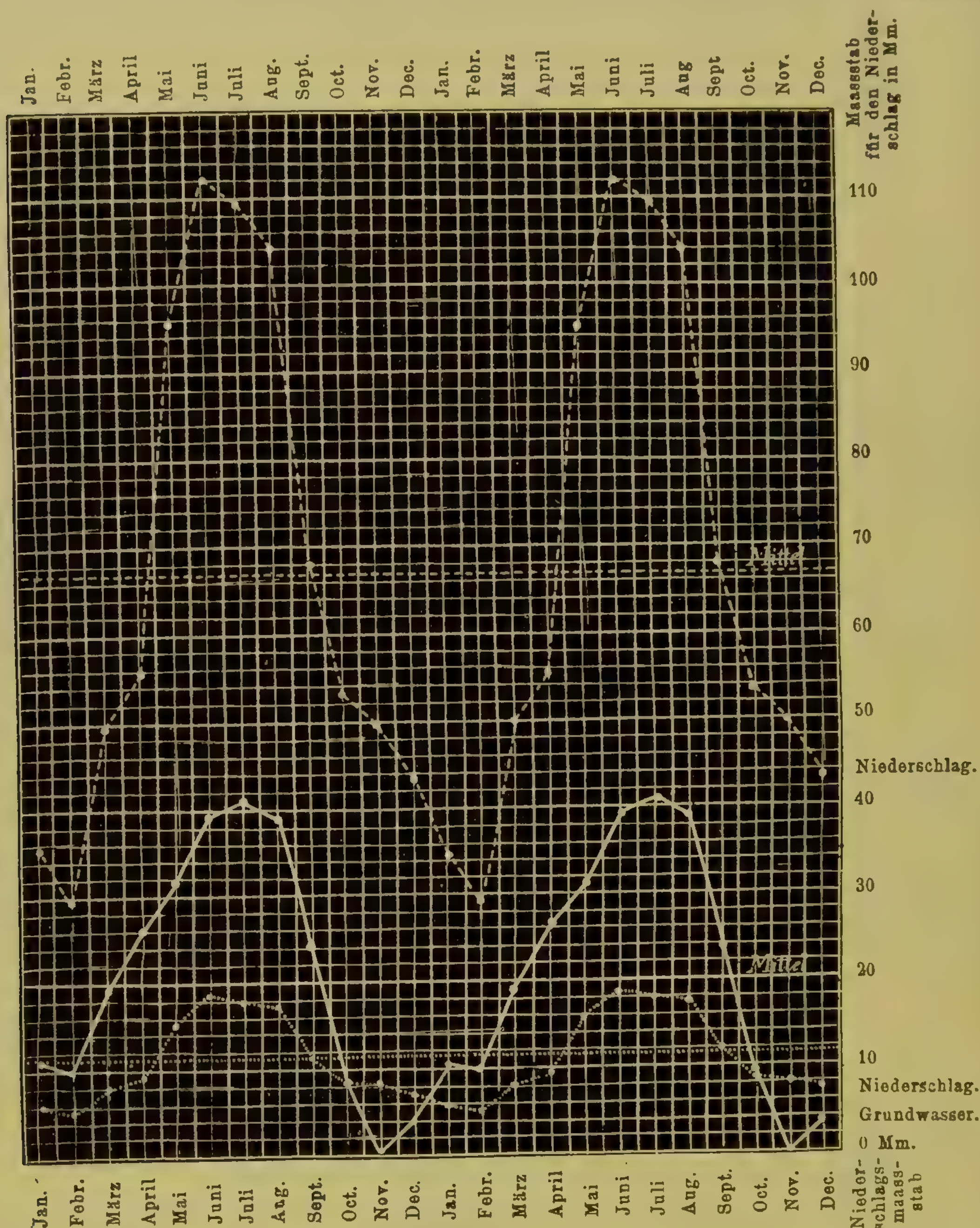


Fig. 71.

über 4 m, in Budapest kaum $^1/_3$—$^1/_2$ m (Fodor), in Graz ca. 0,4—0,7 m (Prausnitz). Die Jahresschwankungen und ihre Extensität sind im allgemeinen auf dieselben Ursachen zurückzuführen, welche die horizontale Bewegung des Grundwassers zur Folge haben und weiter oben durch schematische Skizzen erklärt wurden.

Der zeitliche Verlauf der Grundwasserschwankung ist von den Niederschlägen abhängig, ferner von der Trockenheit der Luft und von der

Beschaffenheit des Bodens. Die Verhältnisse sind aber nicht derart, daß auf Regen alsbald ein Ansteigen folgt. Die Niederschläge müssen erst allmählich durch die mehr oder minder hohen Bodenschichten hindurchwandern.

Fig. 70 u. 71 stellen den Verlauf der Grundwasserschwankungen und Niederschläge von Berlin und München nach Soyka [2] (l. c., S. 303 ff.) dar. In

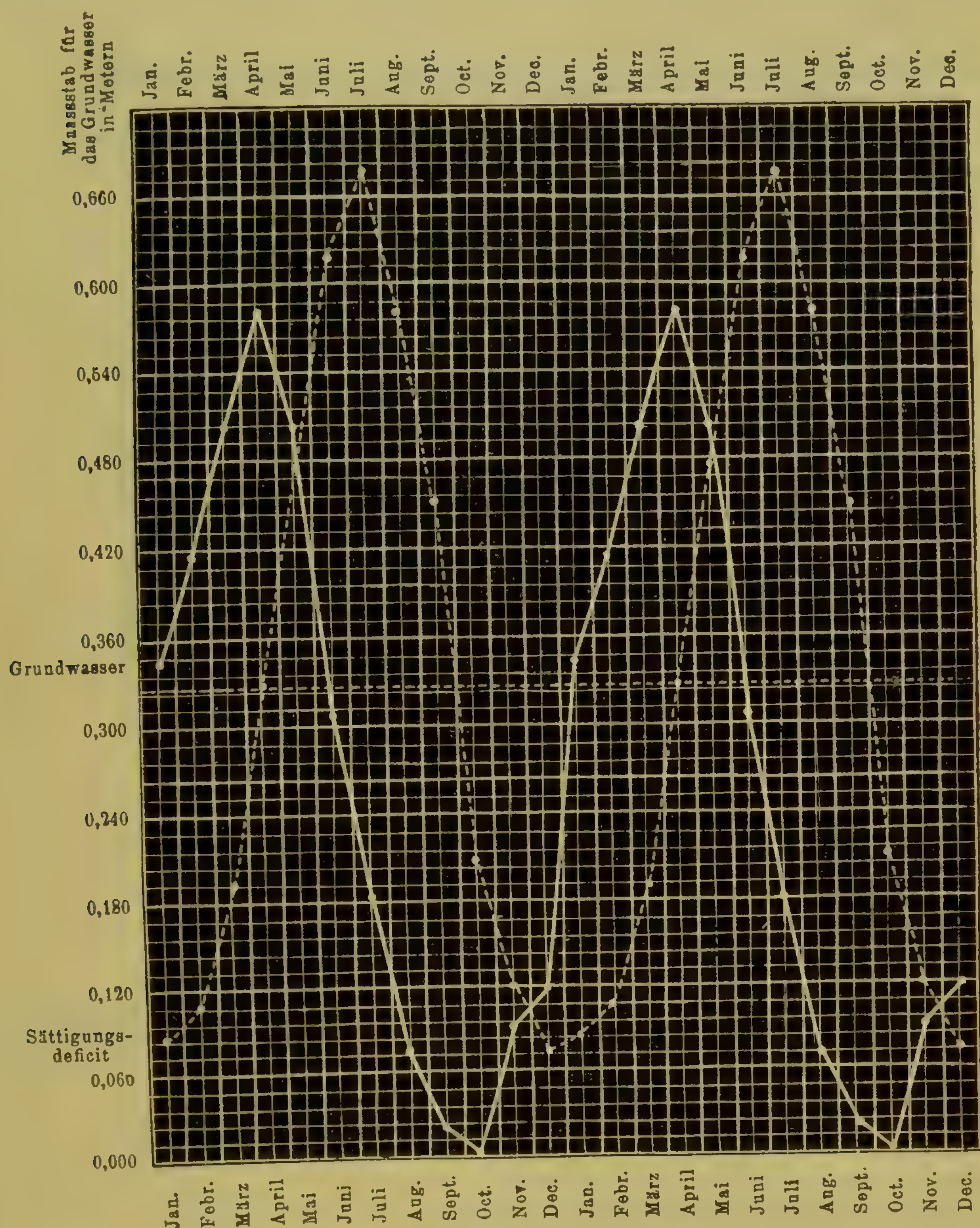


Fig. 72.

beiden Fällen wurden mehrjährige Monatsmittel (München 1854—1883, Berlin 1870—1885) benutzt. Die Darstellung erstreckt sich auf je 2 Jahre, um auch die Winterperiode ohne Unterbrechung betrachten zu können. In München verlaufen Grundwasser- und Niederschlagskurve nahezu parallel; daß die Maxima der Grundwasserstände den Maximis der Niederschläge nachhinken, ist leicht begreiflich. Der abweichende Typus in Berlin wird durch

den mächtigen Einfluß der Lufttrockenheit bestimmt, wie dies deutlich aus der ebenfalls von Soyka gegebenen Zusammenstellung (Fig. 72 u. 73) der

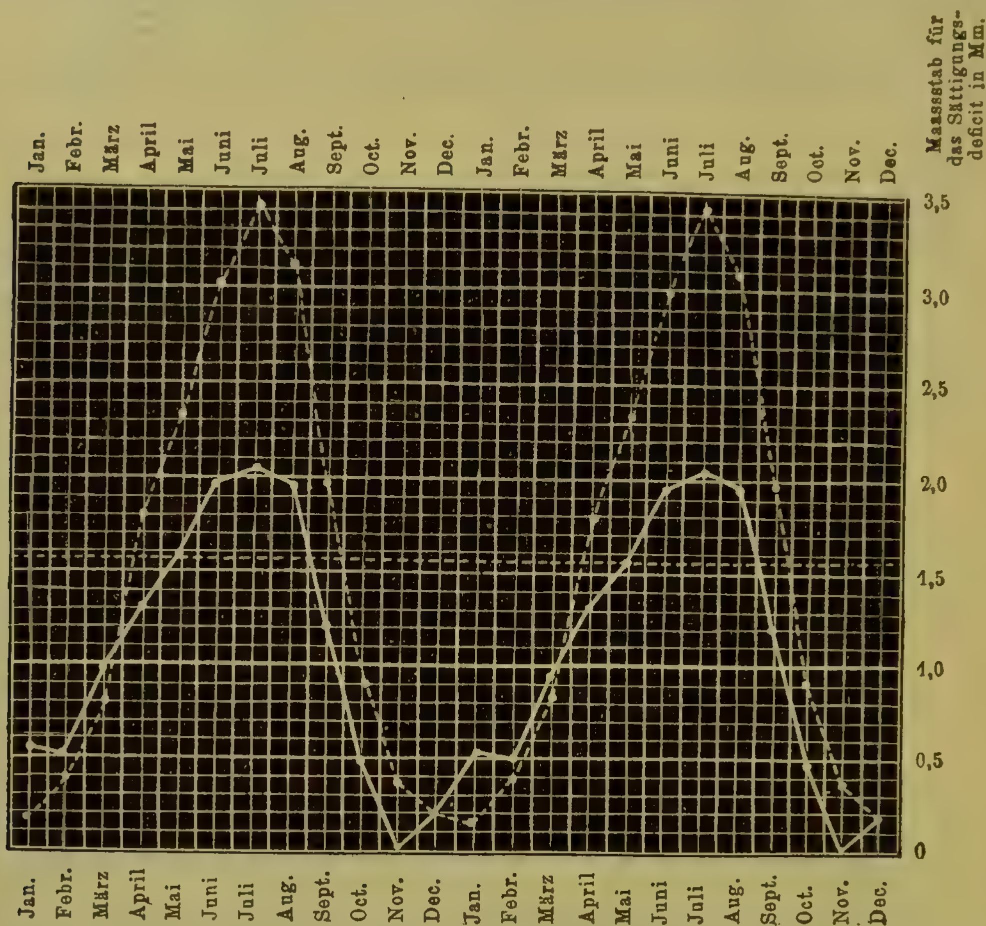


Fig. 73.

Grundwasser- und Sättigungsdefizitkurven von Berlin und München entnommen werden kann.

Die Wärmeverhältnisse des Bodens

werden durch drei Momente bedingt:

1. die Einwirkung der Sonnenwärme;
2. die im Boden selbst durch chemisch-physikalische Vorgänge (Zersetzungen u. a.) entstehende Wärme;
3. die Einwirkung der Wärme des Erdinnern.

Im allgemeinen spielt die Einwirkung der Sonnenwärme die wichtigste und für die Temperatur der oberen Bodenschichten entscheidende Rolle. Die durch Strahlung erfolgende Erwärmung des oberflächlichen Bodens kann diesen sogar auf eine erheblich höhere Temperatur bringen, als die äußere Atmosphäre. Bringt man in gleiche Entfernung von einer kleinen Glühlampe ein freihängendes Thermometer und ein zweites, dessen Quecksilbergefäß man in ein etwa 2 cm weites Reagenzröhrchen, welches mit Boden gefüllt ist, gesenkt hat, so wird das erste Thermometer eine erheblich niedrigere Temperatur zeigen, als das zweite, weil der Boden eine größere Wärmemenge absorbiert. Diese Verhältnisse werden durch Untersuchungen, welche Wild [10] in Nukuß ausführte, besonders deutlich; die Ergebnisse seiner Beobachtungen der Maxima und Minima der Temperaturen der Luft

und der Bodenoberfläche sind in der folgenden Kurventafel zusammengestellt (Fig. 74).

Bei der Erwärmung des Bodens unterscheidet man gewöhnlich die Erwärmung der oberen und der tieferen Bodenschichten.

Die Erwärmung der oberen Bodenschichten

ist abhängig:

1. von der Intensität und Quantität der Bestrahlung, welche eine Folge der geographischen Lage und der Jahreszeit sind;

2. von dem Zustand der Atmosphäre; eine feuchte, neblige Atmosphäre hält die Sonnenwärme in erheblich größerer Menge zurück als klare Luft. Letztere läßt andererseits die Bodenoberfläche rascher abkühlen;

3. von der Exposition des Ortes. Berglehnen mit südlicher Lage sind wärmer als Ebenen; am kühlsten sind nach Norden gelegene Abhänge;

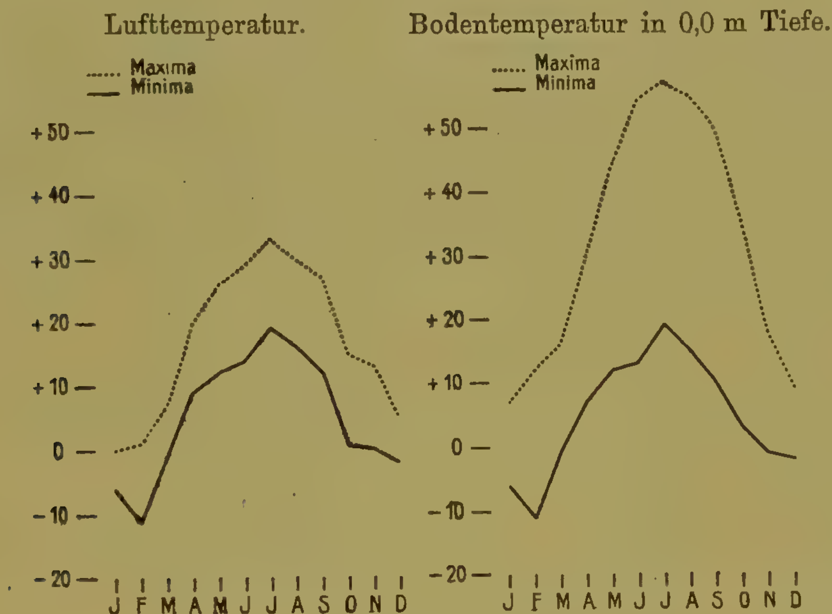


Fig. 74.

4. von der Beschaffenheit des Bodens, welche dessen Wärmekapazität bedingt. Hierbei ist nicht nur die mineralische Beschaffenheit des Bodens, sondern auch der Gehalt an Luft bzw. Wasser von sehr großer Bedeutung, weil die Wärmekapazität des Wassers eine ganz erheblich höhere als die der Luft ist. Liebenberg (nach Soyka [2], S. 133) fand folgende Werte für die spezifische Wärme gleicher Volumina verschiedener lufttrockener Bodenarten:

Grober Tertiärsand 0,464, feiner Tertiärsand 0,454, grober Diluvialsand 0,346, feiner Diluvialsand 0,269, Kalksand 0,222, Diluviallehm 0,322, Diluvialmergel 0,360, Lößlehm 0,343, Lößmergel 0,400, humöser Lößlehm 0,382, Auelehm 0,412, Porphyrverwitterung 0,304, Granitboden 0,446, Basaltboden 0,380, Muschelkalkboden 0,450, Sandmoorboden 0,313, Heideerde 0,161, Eisenmoorboden 0,146, Tertiärton 0,216;

5. von der Farbe des Bodens; dunkle Bodenarten absorbieren mehr Wärme als helle.

Die Temperaturen der oberen Bodenschichten sind, wie leicht verständ-

lich, von der Bedeckung des Bodens abhängig. So war nach Untersuchungen, welche an den forstlich meteorologischen Stationen in Preußen gemacht und von Müttrich und Schubert [11] bearbeitet wurden, der Unterschied der Lufttemperatur in Feld und Wald nur gering: Winter —0,1°, Sommer +0,3°, im Jahr 0,1°. Die Mitteltemperaturen des Bodens ergaben jedoch u. a. in Tiefen von 60 cm und 1,2 m folgende Werte:

a) 60 cm	Jan.	Juli	Jahr	b) 120 cm	Jan.	August	Jahr
Feld	1,7°	15,0°	7,7°	Feld	3,3°	13,8°	7,7°
Wald	2,1°	12,0°	6,7°	Wald	3,5°	11,0°	6,6°

Im Mittel der verschiedenen Feldstationen drang der Frost bis auf 47 cm, im Kieferwald auf 34 cm, im Buchenwald auf 38 cm, im Fichtenwald auf 45 cm ein.

Die Erwärmung der tieferen Bodenschichten erfolgt durch Fortleitung der Wärme der oberen. Hier ist selbstverständlich das Wärmeleitungsvermögen des Bodens entscheidend. Dieses wiederum ist davon abhängig, ob der Boden trocken-porös, also lufthaltig oder porös-feucht, also wasserhaltig oder endlich, ob es sich um feste Gesteine handelt. Trocken-poröse Bodenarten erwärmen sich leichter, leiten aber die Wärme schwieriger fort, als feuchter Boden, weil ja Wasser etwa 25mal so gut leitet als Luft. Bei festen Gesteinen ist das Leitungsvermögen ein sehr ungleiches. Leß (nach Soyka, l. c., S. 150) fand für das relative Leitungsvermögen, vom Marmor als Einheit ausgehend:

Marmor	1000—763	Serpentin	1000—676
Sächs. Granit	804	Gneis von Tharandt .	673
Basalt	726	Tafelschiefer von Karlsbad	573
Sandstein, sehr feinkörnig	721	Sandstein, sehr porös .	487
Granit	713	Tonschiefer	469
Sandstein, sehr kreidehaltig	701	Sandstein mit Crobinzement	420
Roter Gneis	696	Ton	275
Nephelinbasalt . . .	690		

Der Besprechung der Ursachen der Temperaturschwankungen in den oberen und tieferen Bodenschichten lassen wir einige Zahlen über die Ausdehnung derselben im Laufe des Jahres folgen, welche durch Messungen Fodors in Budapest gewonnen wurden; sie sind der besseren Übersichtlichkeit halber in Kurvenform aufgetragen. Fig. 75 zeigt, daß in größerer Tiefe die Amplitude der Schwankungen immer geringer wird; sie beträgt

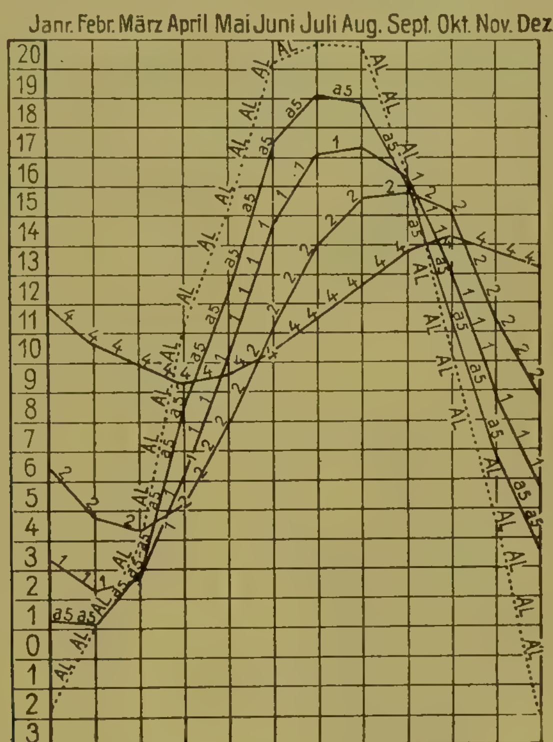
für äußere Luft		23,12°
„ Boden in einer Tiefe von	0,5 m	17,78°
„ „ „ „ „ „	1 m	14,81°
„ „ „ „ „ „	2 m	11,42°
„ „ „ „ „ „	4 m	4,70°

Nach Messungen, welche an verschiedenen Punkten der Erde gemacht wurden, hören diese Schwankungen gewöhnlich schon in einer Tiefe von 15—20 m, höchstens von ca. 30 m, ganz auf. Die Kurve lehrt weiter, daß Maxima und Minima in den verschiedenen Tiefen nicht gleichzeitig beobachtet werden. Es dauert eben eine gewisse, von der Beschaffenheit (Leitfähigkeit)

des Bodens abhängige Zeit, bis die Wärme nach unten fortgeleitet bzw. wieder von unten nach oben abgeleitet wird.

Die zu Beginn dieses Abschnittes erwähnten Einflüsse physikalisch-chemischer Prozesse bzw. Zersetzungen auf die Bodentemperatur, sind so unbedeutend, daß eine nähere Besprechung entfallen kann.

Spezielle Untersuchungen, welche die Temperaturerhöhungen in beerdigten Leichenteilen feststellen, zeigten auffallend hohe Zahlen. Schottelius [12] fand Temperaturerhöhungen bis 34°, Karlinski [13] bis 36,4°. Die Temperaturen waren erheblich höher als die des umgebenden Bodens; die höchsten Temperaturen werden in Leichenteilen gefunden, welche von Infektionserkrankungen herrührten. Einen wesentlichen Einfluß auf die Temperatur des umliegenden Bodens können derartige Temperaturerhöhungen



(Statt a5 muß es stets heißen: 0,5.)

Fig. 75. Temperatur der (AL) Luft und des Bodens in verschiedenen Tiefen 0,5, 1, 2, 4, usw.

bei Verwesungen selbstverständlich nicht ausüben. Dasselbe gilt von der Einwirkung der im Erdinnern vorhandenen hohen Temperaturen auf den Boden. Erwähnt sei nur, daß man aus wiederholten Messungen, welche bei Tiefbohrungen angestellt wurden, weiß, daß die Wärmezunahme nach dem Innern auf etwa 35 m 1° beträgt.

Physikalisch-chemische Vorgänge im Boden.

Das im vorhergehenden geschilderte Verhalten der verschiedenen Bodenarten in bezug auf Zusammensetzung, Gehalt an Luft und Wasser, endlich auf Wärmebildung bietet die Möglichkeit, die im Boden verlaufenden chemisch-physikalischen Vorgänge zu erklären und zu verstehen.

Schon seit vielen Jahren ist es bekannt, daß der Boden in äußerst wirksamem Grade die Fähigkeit besitzt, verunreinigte Flüssigkeiten zu

reinigen. Um 1685 erwähnte Portius (zitiert nach Soyka), daß die Venezianer das Zisternenwasser klärten, indem sie es durch Sand durchleiteten. Gazzeri wies 1819 darauf hin, daß Jauche durch Ton entfärbt wird und Bronner zeigte 1836, daß man dicke, stinkige Jauche durch feinen Flußsand oder halbtrockene, gesiebte Gartenerde hindurchgießen kann, wobei eine geruchlose, farblose Flüssigkeit abläuft, welche den Charakter der Jauche ganz verloren hat.

Diese Erscheinungen beruhen darauf, daß der Boden 1. die suspendierten, geformten Bestandteile zurückhalten kann und daß er 2. und 3. auch gelöste Stoffe und Gase zu absorbieren vermag. Es werden deshalb besonders in bewohnten Gegenden vom Boden ganz enorme Mengen von organischen und anorganischen Verbindungen aufgenommen. Sie rühren von abgestorbenen Pflanzenteilen her, von tierischen Verunreinigungen, von menschlichen und tierischen Leichen, von menschlichen Exkrementen und Abfällen des Haushalts und der Industrie. Untersuchungen, welche Fodor in Budapest anstellte, geben einen Begriff von den durch diese zahlreichen Quellen der Bodenverunreinigung im Boden enthaltenen organischen Stoffen; er fand in zahlreichen in den links der Donau gelegenen Stadtteilen ausgeführten Bohrungen und Bodenanalysen als Mittel für die Tiefen von 1—4 m pro kg Erde 311 mg stickstoffhaltige und 4130 mg kohlenstoffhaltige organische Substanz und berechnete hieraus für den Boden dieser Stadtteile bis zu einer Tiefe von 4 m 467 Millionen kg organischer Abfallstoffe.

Zur Demonstration der Bindekraft des Bodens sind die verschiedenartigsten Versuche ausgeführt worden. Organische Lösungen: Fuchsin. Tabakaufguß, Amygdalin, Strychnin usw. lassen, auf Boden aufgegossen, Flüssigkeiten ablaufen, welche die charakteristischen Farben, Aussehen, Reaktion usw. nicht mehr geben. Andererseits werden wieder im Boden vorhandene Stoffe an das durchfließende Wasser abgegeben, worauf ja die ungleiche Zusammensetzung von Wässern, welche verschiedenen Bodenarten entstammen, beruht: tales sunt aquae, qualis terra per quam fluunt. In der nachfolgenden Tabelle sind Versuchsergebnisse wiedergegeben, welche Frankland bei der Filtration von Sielwässern fand.

	Gelöste Substanz	Organ. Kohlenstoff	Organ. Stickstoff	Ammoniak	Stickstoff in Nitraten u. Nitriten
Vor der Filtration	645	43,86	24,84	55,57	0
Nach der Filtration durch eine 15′ starke Sandschicht . . .	785	10,33	3,30	6,21	35,12
Nach der Filtration durch eine 15′ starke Schicht von Sand und Kreide	968	7,26	1,13	0,35	38,14

Durch die Filtration waren dem Boden Ammoniak und organische Stoffe entzogen worden, während sich die Nitrate und Nitrite und die gesamten gelösten Stoffe vermehrt hatten. Suspendierte Stoffe, wie auch die als solche aufzufassenden Mikroorganismen werden in gut filtrierendem Boden schon nach Filtration durch kurze Strecken, wenige Meter bzw. nur Bruchteile eines Meters mehr oder minder vollständig zurückgehalten (siehe hierüber auch das Verhalten der Mikroorganismen im Boden).

Die vom Boden absorbierten gelösten Stoffe und die zurückgehaltenen suspendierten Stoffe bleiben in demselben nicht liegen; sie sind der Zersetzung

unterworfen, deren Verlauf von verschiedenen Faktoren abhängig ist. In erster Linie kommt die Bodenart und ihre physikalischen Verhältnisse in Betracht. Die Zersetzung erfolgt in porösem Boden schneller, als in einem für Luft wenig permeablen, was bei Erörterung der Leichenbestattung näher besprochen werden wird. Der Einfluß der Temperatur äußert sich derart, daß höhere Wärmegrade eine raschere und intensivere Zersetzung zur Folge haben. Das nachfolgende Diagramm zeigt die CO_2-Mengen ‰ Volumen,

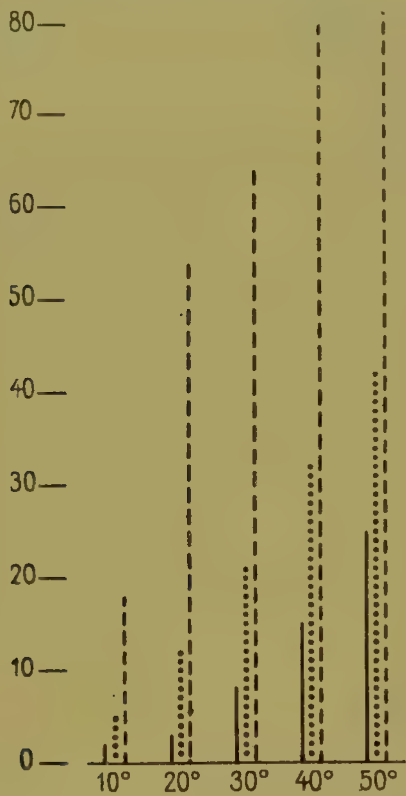


Fig. 76. CO_2-Entwickelung bei verschiedener Temperatur.

welche Wollny in Erdmengen bei verschiedenen Temperaturen gebildet fand (Fig. 76).

Die nächste Tabelle zeigt die Kohlensäureproduktion bei verschiedener Feuchtigkeit und beweist die Zunahme der Zersetzung mit höherem Feuchtigkeitsgehalt.

	Feuchtigkeit pro 100 g Boden			
Tag des Versuchs	2,0 g	4,0 g	8,0 g	17,0 g
Am 10. Tage	2,0 g	24,0 g	41,0 g	66,0 g
Am 20. Tage	5,0 g	121,4 g	138,0 g	211,4 g

Die Zersetzung ist bei genügend vorhandenen O-Mengen eine Oxydation und führt zur raschen Nitrifikation der aufgenommenen Stickstoffverbindungen. Bei geringem Luftgehalt verläuft die Zersetzung langsamer (Fäulnis) unter Bildung zahlreicher Zwischenprodukte. Nach Fodor kann man annehmen, daß ein nicht übermäßig verunreinigter und nicht in Fäulnis befindlicher Boden sich unter günstigen Verhältnissen, besonders in den

oberflächlichen Bodenschichten, sehr rasch, vielleicht schon in 1—2 Jahren der übernommenen Verunreinigungen entledigt. Die „Selbstreinigung des Bodens“ wird jedoch bei großer Feuchtigkeit des Bodens, bei mangelhaftem Luftzutritt namentlich dann längere Zeit erfordern, wenn die Verunreinigungen bis in die tieferen Bodenschichten vorgerückt sind.

Die Mikroorganismen des Bodens.

Die ersten ausgedehnten Untersuchungen über den Keimgehalt in verschiedenen Bodentiefen sind von Carl Fränkel [14] ausgeführt worden. Er fand, daß die oberen Schichten auch eines jungfräulichen, unberührten Bodens bis zu einer wechselnden, meist zwischen $^3/_4$ und $1^1/_2$ m liegenden Tiefe von einer großen Zahl von Mikroorganismen der verschiedensten Art durchsetzt sind, daß aber an der genannten Grenze eine ebenso plötzliche als umfangreiche Abnahme des Bakteriengehalts eintritt und die tieferen Bodenteile, selbst die dem Grundwassergebiete angehörenden Schichten keimarm oder sogar keimfrei erscheinen und weder aerobe noch anaerobe Bakterien enthalten. Im wesentlichen wurden im bewohnten Terrain die gleichen Verhältnisse gefunden, wie im jungfräulichen Boden. Nur war die Keimzahl gewöhnlich erheblich höher. Auch hier zeigen die tieferen Schichten einen niedrigen Gehalt an Mikroorganismen, Befunde, welche in vollem Einklang mit den Ergebnissen stehen, die Koch [15] bei seinen ersten grundlegenden Untersuchungen erhalten hatte. Auch ich habe in einem Grundstück des Zentrums von Graz in einer seit Jahrhunderten bestehenden Hauptstraße eine größere Anzahl von Bodenuntersuchungen (alluvialer Kies mit Sand) gemacht und hierbei den Boden in Tiefen von 4—6 m steril oder nahezu steril gefunden.

Zu Ergebnissen, welche mit denen Fränkels im wesentlichen übereinstimmen, kam auch J. Reimers [16] bei Untersuchungen über den Gehalt des Bodens an Bakterien, welche er in Jena ausführte, ferner Fülles [17] bei Untersuchungen des Freiburger Bodens.

Bei Studien über den Filtrationseffekt der Grundwässer konnte Kabrhel [18] nachweisen, daß auch in besonders reinem Waldterrain, welches von Niederlassungen ganz frei war, eine große Mikrobenmenge vorhanden war. Er fand, daß das Eindringen der Mikroben in die Tiefe und deren unregelmäßige Verteilung im Boden, namentlich von ihrem Vordringen längs der Wurzeln der an der Oberfläche befindlichen Pflanzen bedingt wird, während in vegetationsfreiem Terrain die Mikrobenzahl mit der Bodentiefe rascher abnimmt.

Im besonderen konstatierte auch Kabrhel, daß die an der Oberfläche liegenden Schichten eine größere Keimzahl als die tieferen aufweisen. Sehr stark sinkt die Zahl von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 1,3—1,5 m zu ganz niedrigen Werten. In den tieferen Schichten ist diese Gesetzmäßigkeit nicht immer zu beobachten; die schon auf eine sehr niedrige Zahl gefallene Keimmenge kann sogar zu Mengen ansteigen, wie sie nahe an der Oberfläche gefunden werden, wobei freilich auch in gleicher Tiefe die Zahlen nicht unerheblich schwanken. Die wasserführenden Schichten, welche nach den früheren Anschauungen hätten steril gefunden werden sollen, enthielten stets eine große Mikrobenmenge, obwohl ein ganz reines Waldterrain vorlag, welches von menschlichen Niederlassungen ganz frei war.

Boden unter Wald und unter landwirtschaftlichen Kulturen hat wesent-

liche Unterschiede im bakteriologischen Verhalten der tieferen Schichten nicht gezeigt.

Eine nicht uninteressante Ergänzung der bisher erwähnten Bodenuntersuchungen bilden Studien über den Bakteriengehalt des Erdbodens antarktischer Gegenden, welche Erik Ekelöf [19] während der schwedischen Südpolarexpedition 1901—1904 ausführte, die ersten bakteriologischen Bodenuntersuchungen, welche bisher in Polarländern gemacht wurden. Es fand sich in dem Boden der Insel Snow Hill (ca. 64°, 22′ südlicher Breite und 57° westlicher Länge von Greenwich) eine relativ reiche Bakterienflora, die aber nur auf eine oberflächliche, zwischen 1 und 2 cm tiefe Erdschicht beschränkt war. Während des größeren, kälteren Teiles des Jahres (Februar bis November) betrug die Keimzahl durchschnittlich 7000 per ccm und stieg in der kürzeren wärmeren Periode (Dezember/Januar) auf etwa das Zehnfache.

Eine Übersicht über die Zahl der Mikroorganismen, welche in verschiedener Tiefe in Deutschland gefunden werden, bieten die nachfolgenden tabellarischen Zusammenstellungen (S. 544) der Fränkelschen Versuche in jungfräulichem Boden und in bewohntem Terrain.

Unsere Kenntnisse der Bodenverhältnisse lassen diese Ergebnisse ganz verständlich erscheinen. Das Eindringen selbst gelöster Verbindungen in den Boden findet, wie schon F. Hofmann [20] bei seinen Untersuchungen über das Eindringen von Verunreinigungen in Boden und Grundwasser nachwies, nur sehr langsam statt. Die nicht gelösten korpuskulären Verunreinigungen, zu welchen auch die Mikroorganismen gehören, werden noch langsamer vordringen können; sie kommen auch nach kurzer Zeit in geringer Tiefe unter Verhältnisse, in welchen sie nicht weiter existieren oder gar sich vermehren können — niedrige Temperatur, Mangel an Nährstoffen, Feuchtigkeit, niedriger Sauerstoff- bzw. hoher Kohlensäuregehalt der Luft. Die physikalischen und biologischen Verhältnisse des Bodens bilden, wie dies besonders in der oben zitierten Arbeit C. Fränkels näher ausgeführt wird, die Ursachen, daß schon in relativ geringer Tiefe der Keimgehalt des Bodens ein sehr geringer ist und bald auf 0 sinkt.

Das geschilderte Verhalten der Keime im Boden ändert sich selbstverständlich, wenn derselbe größere Spalten enthält oder aus grobem Material (Kies) besteht oder schließlich durch Tiere künstlich aufgelockert bzw. durchwühlt ist; dann können Mikroorganismen vertikal und horizontal auf weitere Strecken verbreitet werden.

Die meisten im Boden gefundenen Mikroorganismen gehören zu den Bakterien; Schimmelpilze sind viel seltener, Sproßpilze sind nur ausnahmsweise vorhanden. Unter den Spaltpilzen sind die Bazillen am häufigsten, Kokken selten, Spirillen fehlen ganz.

Der Keimgehalt des Bodens ist dann auch aus landwirtschaftlichen Rücksichten genau untersucht und der Einfluß verschiedener Faktoren: Bodentemperatur, Zufuhr organischer bzw. anorganischer Substanzen, Brache, auf den gesamten Keimgehalt des Ackerbodens und der in ihm enthaltenen verschiedenen Arten — stickstoffbindende, peptonzersetzende, nitrifizierende — bestimmt worden. Näheres hierüber findet sich in einer Arbeit von D. Engberding [21].

Unter den nichtpathogenen Mikroorganismen findet man im Boden sehr häufig den Bacillus mycoides, Streptothricheen, Proteusarten, ferner

Keimgehalt in 1 ccm jungfräulichen Bodens.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	Durchschnitt
Oberfläche	—	160000	150000	160000	110000	140000	—	300000	150000	95000	45000	130000	55000	90000	90000	80000	125357
25 cm	—	—	—	—	—	—	—	—	100000	120000	35000	—	32000	—	—	—	71750
$^1/_2$ m	70000	130000	200000	180000	90000	145000	—	240000	—	65000	45000	100000	75000	65000	70000	85000	111429
75 cm	25000	—	—	—	—	95000	—	—	145000	3000	28000	—	8000	—	—	—	50667
1 m	1000	800	2000	9500	2000	1000	4300	42000	1500	600	200	40000	7000	39000	1300	3000	9700
$1^1/_4$ m	—	—	—	—	—	—	—	—	700	—	800	—	3000	—	—	—	1500
$1^1/_2$ m	200	600	15000	6000	2000	500	400	80000	1300	700	—	600	200	1200	700	300	7313
2 m	—	300	2000	1500	600	—	300	500	200	—	—	700	100	650	—	200	641
$2^1/_2$ m	250	1000	500	—	700	—	—	400	—	—	—	150	—	—	1900	150	631
3 m	—	6000	3000	—	100	700	—	100	—	150	150	—	150	1300	600	100	1122
$3^1/_2$ m	—	600	—	600	800	—	—	—	—	100	—	1400	50	200	950	700	600
4 m	—	—	—	800	150	150	300	—	—	—	—	600	—	100	150	—	321
$4^1/_2$ m	100	—	100 †	600	200	100	—	400	100	—	—	—	—	—	—	150	218
5 m	—	—	600 †	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	300	—	450

† = im Grundwasser.

Keimgehalt in 1 ccm bewohnten Terrains.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8 a. †	8 b. ††	Durchschnitt
Oberfläche	—	—	160000	—	300000	—	—	450000	—	303333
10 cm	8000	350000	—	—	—	—	—	—	—	179000
20 cm	—	300000	—	—	—	—	—	—	—	300000
50 cm	6500	50000	40000	—	—	—	—	300000	—	99125
1 m	45000	800	10000	35000	1000	100000	80000	150000	30000	51200
$1^1/_2$ m	3500	—	—	50000	2000	180000	20000	80000	700	50600
2 m	—	750	6000	15000	3500	65000	49000	200000	75000	51781
$2^1/_2$ m	—	—	—	20000	300	470000	650	700	190000	113608
3 m	—	—	600	500	1000	34000	600	100	8000	6400
$3^1/_2$ m	—	—	—	150	750	—	3000	—	—	975
4 m	—	—	—	—	—	—	900	—	—	900

† = Garten, †† = Vorderhaus (Wohnhaus).

Bazillen, welche zur Kartoffel- und Heubazillengruppe gehören. Von den letzteren wurden von A. Stregulina [22] im Anschluß an Untersuchungen von Silberschmidt besonders in Weinberg- und Gemüsegartenboden von Zürich und Umgebung verschiedene Arten beschrieben, welche bei Tierversuchen eine akute Panophthalmie erzeugen können und als Ursache der Panophthalmie nach Hackensplitterverletzungen zu betrachten sind.

Eine genaue Beschreibung der im Boden vorhandenen Mikroben ist in der Arbeit von Fülles [17] über den Bakteriengehalt des Bodens von Freiburg i. B. zu finden.

Unter den im Boden lebenden, nichtpathogenen Mikroorganismen spielen eine besonders wichtige Rolle die nitrifizierenden Bakterienarten und die Bakterien, welche den freien Stickstoff aus der Luft assimilieren. Da die von ihnen eingeleiteten Vorgänge mit der Hygiene nur in losem Zusammenhange stehen, beschränken wir uns auf einige allgemeine Bemerkungen unter besonderem Hinweis auf die zweite Abteilung des Zentralblattes für Bakteriologie, enthaltend allgemeine, landwirtschaftlich technologische Bakteriologie usw., in welcher über die hier in Betracht kommenden Fragen genau berichtet wird.

An der Zersetzung organischer Substanzen im Boden, der Grundlage des Kreislaufs der Elemente, nehmen die Mikroorganismen im ausgedehntesten Maße Anteil; sie zerlegen die stickstoffhaltigen Abfallprodukte in niedere Verbindungen. Diese Arbeit leisten, wie zuerst (1877) von Schlösing und Müntz nachgewiesen wurde, Mikroorganismen, welche mit dem Sammelnamen Nitrobakterien bezeichnet werden. Sie sind namentlich von Winogradsky studiert worden; er unterscheidet „ferments nitreux", welche Ammoniakverbindungen zu Nitriten oxydieren, von „ferments nitriques", welche die Nitrite in Nitrate überführen. Es gelang ihm zuerst, diese Mikroorganismen rein zu züchten und zwar auf anorganischen Nährböden, welche er unter Verwendung von Kieselsäure zu festen Nährböden umgewandelt hatte. Die Reinzüchtung der Nitrobakterien ist später auch auf organischen Nährböden geglückt. Als Nitritbilder sind das Nitritmikrobium Nitrosomonas — dicke, meist kurze, plumpe Bakterienzellen —, als Nitratbilder ist das Nitratmikrobium Nitrobacter — kurze, sehr kleine, plumpe Kurzstäbchen — beschrieben worden. Näheres hierüber ist in den Arbeiten von Winogradsky, Beijerinck, Omeliansky u. a. niedergelegt; siehe das Sammelreferat von Buri [23].

Ebenfalls von großer Bedeutung sind die im Boden gedeihenden Knöllchenbakterien, denen die Fähigkeit zukommt, aus der Atmosphäre den freien Stickstoff zu assimilieren. Diese zuerst von Hellriegel und Willfarth beobachtete und beschriebene Erscheinung wird von den von Beijerinck reingezüchteten Mikroorganismen (Bacillus radicicola) verursacht. Der Sitz der Tätigkeit dieser Mikroben sind die Wurzelknöllchen der Leguminosen, die Wurzelanschwellungen von Erlen und einzelnen Koniferenarten (Podocarpus). Neuere Zusammenstellungen über die Knöllchenbakterien sind von Jacobitz [24] und Süchting [25] veröffentlicht worden.

Von Keimen, welche für Menschen oder Tiere pathogen sind, kommen relativ häufig die sporenbildenden Milzbrand-, Tetanus- und Ödembazillen vor. Durch Impfung von Boden lassen sich die letzteren beiden nicht selten im Boden nachweisen. Ihr Vorkommen ist die Veranlassung, daß mit Boden infizierte Wunden bisweilen zu Erkrankungen an Tetanus- und

Gasphlegmonen führen. Das häufige Vorkommen und die lange Haltbarkeit der Milzbranderreger im geeigneten, durch Kalkgehalt leicht alkalischen Boden führt zu regelmäßigen Milzbranderkrankungen des Viehes auf den sogenannten „Milzbrandweiden".

Eine Vermehrung pathogener Bakterien (Typhusbazillen und Choleravibrionen) im Boden konnte ich in Versuchen, welche ich im Göttinger hygienischen Institut (Flügge [26]) ausführte, nicht nachweisen, obwohl ich die verschiedenartigsten, zum Teil besonders stark verunreinigten Bodenarten verwandte. Emmerich und Gmünd [27] fanden eine Vermehrung von Choleravibrionen auf das 3fache nur in stark verunreinigtem Boden; auf reinem Münchener Kiesboden trat eine Vermehrung nicht ein. Bei diesen Versuchen ist jedoch zu berücksichtigen, daß sie im sterilisierten Boden ausgeführt wurden; es ist deshalb zwar möglich, aber jedenfalls zweifelhaft, ob eine Vermehrung unter natürlichen Bedingungen überhaupt eintreten wird.

Sporenbildung pathogener Bakterien (Milzbrand) ist nur in den oberen Bodenschichten bis zu 1,5 m Tiefe und auch da nur in den Sommermonaten — Juni bis August — zu beobachten (Kitasato [28]).

Die Lebensfähigkeit (Lebensdauer) der Mikroorganismen im Boden ist in erster Linie davon abhängig, ob sie Dauerformen bilden oder nicht. Während die Sporen lange Zeit, Jahre hindurch, im Boden lebend bleiben, sterben andere Mikroorganismen sehr bald ab. Systematische Untersuchungen, welche Lösener [29] ausführte, indem er Tierleichen, die mit pathogenen Bakterien infiziert waren, in verschiedenartigem Boden unter ungleichen Verhältnissen (Trockenheit, Grundwasser) eingrub, ergaben folgende Resultate: Typhusbazillen wurden nur einmal bis zum 96. Tage nach der Eingrabung gefunden. Choleravibrionen blieben bis zu 28 Tagen lebensfähig. Der Nachweis lebensfähiger und virulenter Tuberkelbazillen war nach 95 Tagen nicht mehr so sicher wie nach 60 Tagen und gelang vom 123. Tage ab überhaupt nicht mehr. Tetanusbazillen hatten sich 234 Tage lang in den Kadavern vollvirulent erhalten. Nach 361 Tagen konnten lebensfähige Tetanuskeime nicht mehr gefunden werden. Der Nachweis des Friedländerschen Pneumoniebazillus gelang nach 28 Tagen nicht mehr. Milzbrandbazillen hatten sich während der einjährigen Beobachtungszeit vollvirulent erhalten.

Die Versuche mit Typhusbazillen hält Lösener selbst, mit Rücksicht auf die Schwierigkeiten der Identifizierung, für nicht sicher beweisend. Derselbe Einwand kann gegen eine größere Zahl analoger Untersuchungen erhoben werden, welche deshalb hier im einzelnen nicht besprochen werden sollen. Neuere Untersuchungen von Mair [30] ergaben, daß sich im nicht sterilisierten Boden Typhusbazillen gewöhnlich nur etwa 20 Tage, in maximo 70—80 Tage lebend erhalten, während sie im sterilisierten Boden schon innerhalb 11 Tagen zugrunde gehen sollen. Im Gegensatz hierzu fand Rullmann [31] den Typhusbazillus in sterilem Boden 6 Monate haltbar während er in nichtsterilem Boden nur noch nach 100 Tagen nachgewiesen werden konnte.

Untersuchungen, welche die natürlichen Verhältnisse möglichst berücksichtigten, wurden von Galvagno und Calderini [32] ausgeführt. Sie brachten Fäzes von Typhösen nach verschieden langem Aufenthalt in Tonnen oder Gruben in den Boden und fanden folgendes: Die größte Lebensdauer der Typhusbazillen betrug in der Abortgrube 30, in der Tonne 25 Tage, die geringste in beiden 15 Tage. Wenn typhöse Fäkalien nach 10tägigem

Aufenthalt in der Tonne oder Grube in den Boden gebracht wurden, betrug die höchste Lebensdauer der Bazillen an der Oberfläche 20, in der Tiefe (ca. 20 cm) 40 Tage. Durch den Aufenthalt in der Abortgrube und im Boden hatte die Virulenz der Keime fast stets abgenommen. —

Die Beziehungen des Bodens zum Hausbau, zur Leichenbestattung, zur Wasserversorgung.

Aus der bisher geschilderten Zusammensetzung, aus dem chemischen und physikalischen Verhalten, aus dem Gehalt des Bodens an Mikroorganismen usf. läßt sich die hygienische Bedeutung des Bodens ohne weiteres ableiten.

Bei der Errichtung von Häusern spielt er eine wichtige Rolle. Wenn es auch der in neuerer Zeit weit vorgeschrittenen Technik gelingt, selbst in feuchtem Boden mit hohem Grundwasserstande die Fundamente der Häuser so zu konstruieren, daß den Hausbewohnern vom Boden aus eine Gefahr nicht droht, so werden derartige Fälle doch stets die seltene Ausnahme bilden.

In der Regel soll der Boden, in welchem die Grundmauern eines Hauses gestellt werden, trocken und porös sein; der Grundwasserstand soll in minimo $^1/_2$, besser 1 m von den Fundamenten entfernt bleiben, weil dann die Hausmauern nicht unter der Feuchtigkeit zu leiden haben werden.

Der Boden soll ferner frei sein von Verunreinigungen, namentlich von Stoffen, die sich im Boden zersetzen und deren Zersetzungsprodukte dann die Räume des Hauses durchsetzen würden. Es ist dies notwendig, weil die Abdichtung des Hausfundaments durch Pflasterung usw. der Kellersohle ebenfalls nur in seltenen Fällen dicht hergestellt wird, wenn dies auch leicht möglich und erwünscht ist. Nochmals sei hier daran erinnert, daß durch ein Aufsteigen der Bodenluft toxische (Leuchtgas) oder übelriechende Bestandteile, Zersetzungsprodukte in Wirkung treten können. Ein Aufsteigen von Mikroorganismen durch die Bodenluft ist ausgeschlossen.

Dort wo der Boden die Aufgabe erhält, organische Stoffe (Leichenbestattung, Abfälle des menschlichen Haushalts usw.) aufzunehmen und zu verarbeiten, wird ein trockener, poröser Boden stets die günstigsten Bedingungen zur Erfüllung dieser Aufgabe bieten, weil nur in einem solchen die Zufuhr von Sauerstoff in der nötigen Menge ermöglicht wird.

Nur, wo dem Boden das zum Genuß und Gebrauch bestimmte Wasser entnommen werden soll, kann ein stark poröser, nicht genügend filtrirender Boden nachteilig sein. Besonders bei hohen Grundwasserständen und Mangel einer Zentralwasserversorgung, also bei isolierten Brunnenanlagen in dichter bebauten Orten gebührt einem feinporigen, gut filtrierenden Boden der Vorzug.

Das Nähere über die hygienische Bedeutung der verschiedenen Bodenarten als Grundlage für die Hausfundamente, als Rezipient für die menschlichen Abfallstoffe und Leichen, als Ausgangspunkt für Wasserversorgung wird in den betreffenden Abschnitten nachzulesen sein.

Die Beziehungen des Bodens zur menschlichen Gesundheit bei der Verbreitung von Infektionskrankheiten.

In besonderem Maße wurden die Beziehungen zwischen dem Boden und der Gesundheit des Menschen, namentlich zwischen Boden und Entstehen von Infektionskrankheiten durch die epidemiologischen Forschungen Pettenkofers, welche zu der sogenannten „lokalistischen

Lehre“ führten, in den Vordergrund des Interesses gerückt. Diese Forschungen entstanden, was als wesentlich hervorgehoben werden muß, vor ca. 50 Jahren, also zu einer Zeit, in welcher man die Erreger der Infektionskrankheiten und damit auch ihre biologischen Eigenschaften nicht kannte, sondern nur ihr Vorhandensein mutmaßen konnte. Es war daher nur möglich, allgemeine Beobachtungen über das Auftreten und die Verbreitung von Infektionskrankheiten, „epidemiologische Studien“, zur Aufklärung heranzuziehen. Die Entscheidung darüber, ob die aus diesen epidemiologischen Studien gezogenen Schlüsse zu Recht bestehen, mußte einer späteren Zeit überlassen werden, in welcher die Erreger der Infektionskrankheiten erkannt, ihre biologischen Eigenschaften, namentlich ihr Verhalten in der Außenwelt erforscht waren. Diese Zeit ist nun gekommen. Wir werden daher festzustellen haben, ob die in neuerer Zeit gewonnenen Ergebnisse bakteriologischer Forscher die Resultate der erheblich älteren epidemiologischen Studien bestätigen. Der Ausgangspunkt dieser Forschungen war

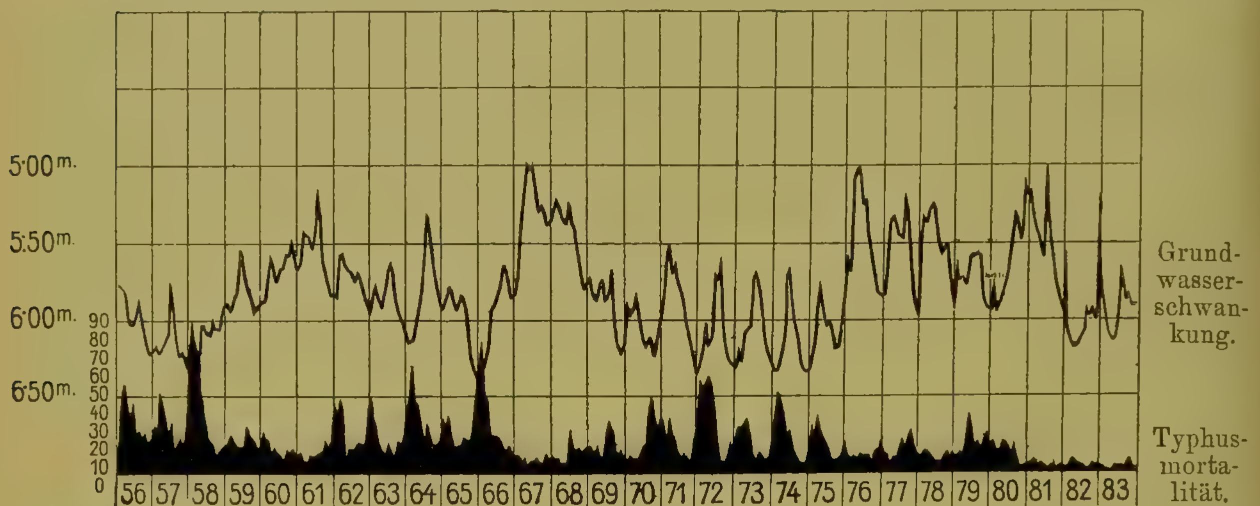


Fig. 77.

die von Buhl und Pettenkofer gemachte Beobachtung der Koinzidenz zwischen dem Verlauf der Typhusepidemien und den Grundwasserschwankungen in München, wie sie im Diagramm (Fig. 77) niedergelegt sind.

Aus diesem Diagramm geht hervor, daß seinerzeit in München, solange dort noch der Typhus epidemisch auftrat, der Beginn und die Entwickelung einer jeden Typhusepidemie regelmäßig mit sinkendem Grundwasser zusammenfiel. Pettenkofer schloß aus diesem Verhalten im Zusammenhang mit seinen weiteren Beobachtungen, daß sich Typhus- und Choleraepidemien nur auf einem porösen, für Luft und Wasser durchlässigen Boden entwickeln können und zwar hauptsächlich dann, wenn der Boden einen bestimmten, relativ geringen Feuchtigkeitsgehalt besitzt. Diesen Feuchtigkeitsgehalt des Bodens hält die lokalistische Lehre für vorhanden, wenn das Grundwasser in stetem Fallen sich befindet, oder wenn es auf einem sehr niedrigen Stande angelangt ist. Ein solcher Zustand der Bodentrockenheit tritt nach kürzere oder längere Zeit andauerndem trockenen Wetter ein.

Noch zu Pettenkofers Zeiten haben die Mathematiker Seidel in München, Thomas in Leipzig und Jessen in Kiel berechnet, daß die

Bewegungen der Typhuszahlen von Buhl für die Jahre 1856—1864, verglichen mit der von Pettenkofer ermittelten Bewegung des Grundwassers, eine Koinzidenz erkennen lassen, welche mit einer Wahrscheinlichkeit von 36000 gegen 1 auf einen gesetzmäßigen Zusammenhang der beiden Erscheinungen schließen lassen. Da nun diese Koinzidenz zwischen Typhusfrequenz und Grundwasserschwankung in München auch in der späteren Zeit 1864—1881, solange als der Typhus epidemisch in München auftrat, zu bemerken war, so berechnet sich nach Emmerich und Wolter [33] die Wahrscheinlichkeit eines gesetzmäßigen Zusammenhangs zwischen Grundwasserschwankungen und Typhusfrequenz auf 1000000 gegen 1. Es muß hier hervorgehoben werden, daß in anderen Städten: Köln, Berlin, Bremen, Frankfurt a. M., Hamburg, Michigan, Nürnberg, sowie für die Cholera in Kalkutta die gleiche Koinzidenz zwischen Auftreten von Epidemien und Grundwasserschwankung zu erkennen war (l. c., S. 127). An der Richtigkeit der Beobachtungen und einem Zusammenhang zwischen diesen beiden Erscheinungen kann also nicht gezweifelt werden. Wohl aber können aus den Beobachtungen verschiedene Schlüsse gezogen werden, welche keineswegs richtig zu sein brauchen. Die lokalistische Lehre, wie sie von Pettenkofer begründet wurde, nahm an, daß Epidemien nur dann entstehen können, wenn die Erreger im Boden, „namentlich in einem mit den Abfällen des menschlichen Haushaltes verunreinigten Boden“, unter gewissen ihnen günstigen, zeitlichen und örtlichen Verhältnissen die Gelegenheit und Möglichkeit haben, sich zu entwickeln.

Auch der individuellen Disposition räumte Pettenkofer [34] eine große Bedeutung für die Zahl und Schwere der Erkrankungen ein, „aber sie kann sich immer erst geltend machen, wenn ein Ort ein Choleraort geworden ist, wenn Infektionsstoff von der Lokalität produziert wird, und auch da entscheidet bei ganz gleicher individueller Disposition immer erst auch noch die Lokalität, in welcher Menge der Virulenz sie den Infektionsstoff produziert.“ Gewissermaßen als ein Teil der lokalistischen Lehre ist die Pettenkofersche Anschauung aufzufassen, daß das Trinkwasser zur direkten Verbreitung von Infektionskrankheiten eine Veranlassung nicht bieten kann. Es muß dieses Teils der lokalistischen Anschauungen auch in diesem Kapitel (Boden) Erwähnung getan werden, weil Pettenkofer die Möglichkeit der Verbreitung von infektiösen Erkrankungen durch das Wasser zwar nicht ganz bestritten, aber als das entscheidende Moment den Boden hingestellt hat (l. c., S. 572). „Wenn auch das Trinken eines solchen Wassers, welches pathogene Mikroorganismen in einer hoch potenzierten homöopathischen Verdünnung enthält, unschädlich ist, so kann solches Wasser, wie ich schon von jeher zugegeben habe, immer noch gesundheitsschädliche Wirkungen in dem Orte und in dem Hause ausüben, wo es gebraucht wird, entweder dadurch, daß es Nährstoffe für pathogene Mikroorganismen führt, welche Nährstoffe sich durch Verdunsten des Wassers im Hause und auf dem Boden desselben allmählich mehr und mehr konzentrieren, oder auch dadurch, daß das Wasser die Rolle des menschlichen Verkehrs übernimmt und pathogene Keime mit sich führt, welche allerdings in der enormen Verdünnung, in welcher sie im Wasser sind, ohne Schaden getrunken werden können, welche aber auf einem günstigen Nährboden im oder am Hause sich in einer Weise vermehren und dann auf den Menschen übergehen können, daß dieser nun dadurch infiziert werden kann. Diese beiden Möglichkeiten

sind das einzige Zugeständnis, welches ich den Trinkwassertheoretikern machen kann und ich mache es ihnen, wie schon gesagt, nicht etwa erst jetzt in neuester Zeit, sondern habe es ihnen von Anfang an gemacht.“ Die obigen, absichtlich wörtlich, wiedergegebenen Sätze stellen gewissermaßen den Kern der Pettenkoferschen lokalistischen Lehren dar. Sie sind von ihm mit emsigem Fleiß und großen Anstrengungen verfochten worden. Es ist in diesem Kapitel nicht der Ort, festzustellen, daß wir heute nicht mehr in der Lage sind, der Auffassung zuzustimmen, Trinkwasser könne nicht direkt der Ausgangspunkt von kleineren und großen Epidemien werden. Diese Frage mußte jedoch hier gestreift werden, weil gerade in neuester Zeit eine ausgedehnte Typhusepidemie, welche in Gelsenkirchen in Westfalen entstanden war und fast allgemein darauf zurückgeführt wurde, daß wegen Wassermangels durch ein Stichrohr unfiltriertes Ruhrwasser direkt in das Wasserleitungsnetz gepumpt wurde, Emmerich Veranlassung gegeben hat, die lokalistische Lehre auf Grund neuer experimenteller bakteriologischer Untersuchungen zu bearbeiten und zu vertreten. Während die Pettenkofersche Beweisführung auf zahlreichen, mühsam gesammelten Daten der epidemiologischen Forschung beruht, hat Emmerich versucht, durch experimentelle Untersuchungen die lokalistische Lehre zu stützen. Würde es gelingen, durch derartige Untersuchungen die Pettenkoferschen Behauptungen auf eine sichere Unterlage zu stellen, dann hätte die lokalistische Auffassung viel gewonnen. Derzeit muß jedoch zugegeben werden, daß die Pettenkoferschen Deduktionen, auch wenn man sie sorgfältig durchsieht, keinesfalls als absolut überzeugend und für die von ihm aufgestellte Theorie beweisend angesehen werden hönnen. Ich muß mich mit dieser Erklärung begnügen, weil ich, wenn ich auch nur einigermaßen detailliert über die Pettenkoferschen Studien berichten wollte, den gegebenen Umfang dieses Abschnittes sehr weit überschreiten müßte.

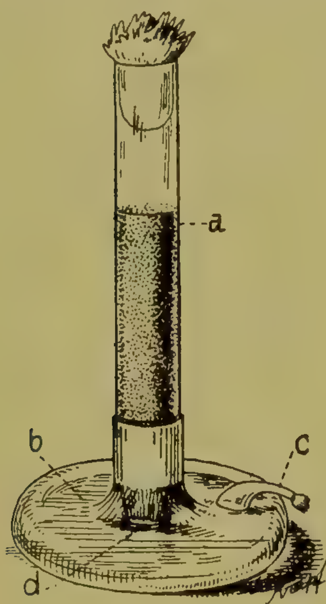


Fig. 78.

Zur Stütze der Bodentheorie hat also Emmerich (siehe Fig. 78) Röhren mit Boden gefüllt, welche er in flache Kölbchen einsetzte, die er mit sterilisiertem Wasser, Nährlösungen oder ausgepreßter Bodenflüssigkeit beschickte; diese Flüssigkeit, welche das Grundwasser darstellte, stieg in den von oben mit Choleravibrionen infiziertem Boden in die Höhe, nur die Wandungen der Poren befeuchtend. Emmerich fand nun bei entsprechend variierten Versuchsbedingungen, daß die Choleravibrionen auf reinem Münchener Kiesboden bei natürlichen Versuchsbedingungen unter rascher und steter Abnahme der Zahl innerhalb 7 Tagen ganz zugrunde gehen, daß sie sich aber unter denselben Bedingungen auf natürlich verunreinigtem Boden vermehren; sie nehmen erst vom 8. Tage an Zahl langsam ab und gehen erst nach 15—81 Tagen an der Bodenoberfläche zugrunde. Aus diesen Versuchen schließt er, daß sich eine Choleraepidemie auf reinem Boden unmöglich entwickeln kann, weil die Vibrionen auf demselben rasch zugrunde gehen; eine Choleraepidemie kann sich nur auf stark verunreinigtem Boden entwickeln.

Des weiteren nimmt er an, daß das Absterben der Vibrionen damit zu

erklären ist, daß sich allmählich eine Bodenimmunität an der Bodenoberfläche bildet; „insbesondere ist es das von den Cholerabazillen gebildete bakteriolytische Enzym — die Cholerase —, welche sich oben ansammelt und bei stets zunehmender Konzentration die Cholerabazillen durch Auflösung der Nukleoproteide ihres Zelleibes vernichtet.“ Diese Bodenimmunität ist dann die Ursache, daß Hausepidemien durchschnittlich nach 14 bis höchstens 90 Tagen erlöschen. Eine andere Ursache des Erlöschens von Choleraepidemien besteht nach Pettenkofer in fortgesetzten Regengüssen; Emmerich glaubte dies nun damit erklären zu können, daß nach seinen Versuchen die Vibrionen von der Oberfläche in die Tiefe geschwemmt wurden. Infolge eines einzigen Regens von 40 mm wurden Choleravibrionen von 4000000 auf 88000 pro 0,1 g Boden vermindert, indem sie in die Tiefe geschwemmt wurden. Ferner fand er, daß starke Regen selbst im Hochsommer die Temperatur der Bodenoberfläche in 1—5 cm Tiefe unter 15° C herabdrückt, wobei auch alles Nährmaterial in die Tiefe geschwemmt wird, so daß auch hierdurch das Erlöschen von Choleraepidemien nach anhaltendem Regen seine Erklärung findet.

Durch verschiedenartige Versuche zeigten dann Emmerich und Gmünd, daß Choleravibrionen den im Boden vorhandenen Saprophyten mit Erfolg eine Zeitlang Widerstand leisten können; sie benützten zu einem Teil dieser Versuche Bakterienarten, welche aus lange bestrahltem Boden gezüchtet waren. „Aus diesen Versuchen geht mit Bestimmtheit hervor, daß sich die Cholerabazillen trotz der Bodensaprophyten auf verunreinigtem Boden stark vermehren können, besonders wenn dieselben durch einen Cholerastuhl in Überzahl auf den Boden gebracht werden und wenn die Saprophyten bei großer Bodentrockenheit durch wochenlange Sonnenbestrahlung dezimiert und geschwächt sind (wichtiges Moment der zeitlich örtlichen Disposition). Kalkboden wirkt dabei dadurch günstig, daß er die von den Bodenbakterien (z. B. dem Bac. mycoides) gebildeten Säuren neutralisiert.“

Zur Aufklärung des Verhaltens der Choleravibrionen auf dem Boden choleraimmuner Städte vermischten Emmerich und Gmünd verschiedene Lehmböden mit Bouillonkulturen und beobachteten das Wachstum bzw. Absterben der Mikroorganismen. 30 g Lehm von Haidhausen bei München, welcher sich in den früheren Choleraepidemien als immun erwiesen hatte, wurde mit 5 ccm Bouillonkultur von Choleravibrionen, 2520 Millionen Cholerakeime enthaltend, und sterilisiertem Wasser vollkommen durchfeuchtet und bei 22° C gehalten. Nach 2 Stunden waren nur noch spärliche, nach 24 Stunden überhaupt keine Choleravibrionen mehr vorhanden. Von dem ebenfalls choleraimmunen Deggendorfer Lehmboden wurden 10 g mit $4^1/_2$ ccm Cholerabouillonkultur, welcher noch Agarkultur zugemischt war, zu einem Brei verrührt. Aussaat 3360 Millionen Keime. Nach 4 Stunden waren nur noch vereinzelt Keime vorhanden, nach 18 Stunden waren alle abgetötet. Ähnliche Resultate wurden mit Stuttgarter Lehmboden erhalten. Vom Lehmboden Altonas, welche Stadt keine absolute, sondern nur relative Immunität gegen Cholera besitzt, zeigte der Lehmboden einzelner Straßen das gleiche Verhalten, wie der Boden von Haidhausen, Deggendorf und Stuttgart, während andere Teile der Stadt Lehmboden besitzen, welche die Choleravibrionen nur dann in 24 Stunden vernichtet, wenn sie ohne Nährmaterial auf denselben gebracht werden. Auch im Lehm von Geimersheim bei

Ingolstadt, wo 1854 die Cholera sehr heftig gewütet hatte, blieben die Choleravibrionen durch 3 Wochen lebend; ebenso vermehrten sich im Lehmboden von Cannstatt bei Stuttgart, welches 1873 unter der Cholera stark gelitten hatte, während das angrenzende Stuttgart frei geblieben war, die mit Bouillon auf die Lehmoberfläche gebrachten Vibrionen stark und hielten sich auf demselben auch dann eine Woche lebend, wenn sie ohne jedes Nährmaterial darauf gebracht wurden. Als Erklärung für dieses Verhalten einzelner Lehmboden nahm Emmerich eine direkte Zerstörung der Vibrionen auf rein mechanischem Wege an; Emmerich hat diese Ansicht später wieder aufgegeben.

Emmerich hat weiterhin, um die von Pettenkofer angenommene „Reifung oder Giftigkeitssteigerung der Cholerabazillen im Boden“ zu erweisen, untersucht, wie die Nitritbildung der Cholerakeime im verunreinigten Boden und in Agarkulturen verläuft; er fand bei den im Boden gezüchteten eine bedeutend höhere Steigerung der Nitritbildung, welche er ja als Ursache der Schädigungen der Choleraerkrankungen ansieht.

So sehr es anzuerkennen ist, daß sich Emmerich bemüht hat, durch bakteriologisch-experimentelle Untersuchungen die lokalistische Lehre zu klären, so muß doch ausgesprochen werden, daß die Untersuchungsergebnisse nicht nur eine Deutung gestatten, selbst wenn man annimmt, daß die übliche quantitative Bestimmung der in einer bestimmten Bodenmenge enthaltenen Keime stets die gleichen einwandfreien Zahlen liefert. Die Emmerichschen Resultate nur im Sinne der lokalistischen Lehre zu deuten, ist deshalb nicht statthaft, weil die Versuche zumeist mit sterilisiertem Boden ausgeführt wurden, also unter Bedingungen, welche den natürlichen nicht entsprechen. Eine Erweiterung und Variierung der von Emmerich eingeleiteten bakteriologischen Bodenexperimente wäre deshalb dringend notwendig.

Die tatsächlich vorhandene Koinzidenz von Grundwasserschwankungen und Infektionskrankheiten kann auch auf andere Weise erklärt werden. Kruse [35] weist darauf hin, daß beim Sinken und namentlich beim größten Tiefstand des Grundwassers, die Brunnen zu wenig Wasser liefern und daß dann jede Verunreinigung von größerer Wirkung und darum gefährlicher sein muß. Er weist ferner darauf hin, was viel plausibler erscheint, daß man erfahrungsgemäß bei Wassermangel zu Wasserquellen seine Zuflucht nimmt, die sonst, weil minderwertig, nicht benützt werden — Stichrohre bei Wasserwerken. Er lenkt dann die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung der Regengüsse und Hochwässer nach längerer Trockenheit. Hierin liegt meines Erachtens ein Hauptgrund der wiederholt besprochenen Koinzidenz. Wer Gelegenheit hat, häufig Schachtbrunnen zu besichtigen und zu befahren, wird in sehr vielen Fällen die Spuren von Einsickerungen von oben bemerken. Bei trockenem Wetter sieht man nur die trockenen Spuren an der Brunnenwandung, nach Regengüssen kann man ein Einsickern oder Einfließen direkt bemerken. Es ist ohne weiteres verständlich, daß hier der Beginn eines starken Regens, oder einer längeren Regenperiode, welcher ja doch häufig langer Trockenheit folgt, besonders ungünstig auf die Brunnen wirken muß, weil die in der Nähe des Brunnens abgelagerten Verunreinigungen nun in konzentriertem Zustande den Brunnen zugeführt und von dem zunächst ausgetrockneten, großporigen, auch mit Sprüngen behaftetem Boden nicht zurückgehalten werden. Nach längerem Regen sind die Poren enger,

etwaige Risse werden verstopft. Etwas ganz Analoges können wir bei Grundwasserversorgungen beobachten, welche „natürlich filtriertes" Grundwasser schöpfen, die also an Flüssen gelegen und der Beeinflussung durch den Fluß ausgesetzt sind. Nach längerer Trockenheit bringt jedes durch Niederschläge bedingte stärkere Ansteigen des Flusses eine entsprechende Keimerhöhung, die auf ein schlechteres Funktionieren des trockenen, porenreichen und relativ großporigen Bodens beruht. Ist der Boden erst einmal durchfeuchtet, haben sich dadurch die Poren zum Teil verschlossen oder verengert und ist dadurch der Boden ein besserer Filter geworden, so tritt wieder der alte Zustand ein, das Filtrat wird wieder keimarm. Diese Einwirkung der Regengüsse setzen selbstverständlich in der Regel bei tiefem Grundwasserstande ein, weil auch bei porösem, leicht durchlässigem Boden (Kies) das Ansteigen des Grundwassers mehr oder minder erheblich den vorausgegangenen Niederschlägen nachhinkt. Daß hier auch Zufälle eine wichtige, eventuell verhängnisvolle Rolle spielen können, soll hier nur durch ein Beispiel belegt werden. In einer in den Pettenkoferschen Schriften als choleraimmun bezeichneten Gegend konnten wir [34] vor einigen Jahren eine große Typhusepidemie beobachten, die folgendermaßen entstanden war. Von einer die Zentralwasserversorgung speisenden Quellfassung ging ein Überlaufrohr nach einem nicht weit von der Quelle entfernten offenen Kanal. Es war so unzweckmäßig angelegt, daß bei Hochstand des Wassers im Kanal aus dem Kanal Wasser zur Quelle zurücktreten konnte. Nach starken Niederschlägen, welche oberflächliche Verunreinigungen in großer Menge abgeschwemmt hatten, war dies tatsächlich eingetreten und hatte eine explosionsartig einsetzende Typhusepidemie durch Verseuchung der Wasserversorgung zur Folge. Diese Epidemie lokalistisch und nicht als Trinkwasserepidemie aufzufassen, ist ganz ausgeschlossen.

Dieser und andere Fälle lassen mich Kruse vollkommen zustimmen, wenn er sagt, daß man häufig nicht unbekannten, erst noch klar zu stellenden Momenten des Bodens das Entstehen der Epidemie zuzuschieben brauchte, wenn die eigenartigen bisher noch nicht genügend erforschten Verhältnisse der Wasserversorgung sorgfältig untersucht und aufgeklärt würden.

Auch die Bedeutung des Lehmbodens, welche von der lokalistischen Lehre mit Recht hervorgehoben wird, läßt verschiedene Deutungen zu. Mir scheint es als höchstwahrscheinlich, daß das verschiedene Verhalten von Epidemien auf porösem Kies und wenig durchlässigem Lehmboden zum Teil damit zu erklären ist, daß von porösem Kiesboden oberflächliche Verunreinigungen viel weniger sicher zurückgehalten werden und damit leichter zu den Brunnen gelangen als vom Lehmboden. Gerade von Pettenkofer ist ja hervorgehoben worden, daß der poröse Münchener Kiesboden ganz besonders befähigt war, immer neue Fäkal- und Abwassermengen zu verschlucken, so daß in manchen Häusern die Abwassergruben gar nicht gereinigt zu werden brauchten. Daß dann an derartigen Orten häufig mit den Fäkalien Typhus- bzw. Choleraerreger zu den Brunnen gelangen mußten, ist ganz selbstverständlich, während dort, wo Lehmboden vorhanden war, ein Einsickern der Infektionserreger und ihr Zutritt zu den Brunnen ausgeschlossen war. Diese Auffassung, nach welcher poröser Boden und Lehmboden gerade vom Standpunkte der Trinkwasserinfektion zu beurteilen sind, steht mit den Ergebnissen der neueren Emmerichschen Bodenuntersuchungen im Einklang,

ohne daß es notwendig wäre, sich der Emmerichschen Erklärung seiner Befunde im Sinne der lokalistischen Lehre anzuschließen,

Daß übrigens auch längere Regengüsse eine Reinigung der Umgebung des Menschen und Beseitigung infektiösen Materials zur Folge haben und so auch direkt Infektionen verhüten, ist schon von verschiedenen Autoren hervorgehoben worden.

Auf Grund der vorausgegangenen Erörterungen können wir nochmals den Standpunkt ganz kurz präzisieren, welchen wir heute der Pettenkoferschen Bodentheorie gegenüber einnehmen müssen. Wir erachten es als zweifellos erwiesen, daß infiziertes Trinkwasser einzelne Infektionskrankheiten wie explosiv auftretende Epidemien (Cholera und Typhus) ohne jedes Zutun des Bodens hervorbringt. Es ist ebenfalls ganz sicher erwiesen, daß durch die sogenannten Bazillenträger durch direkte Übertragung, ferner durch Milchgenuß usw. einzelne Infektionskrankheiten und ganze Epidemien entstehen können. Es ist andererseits nicht bewiesen, daß man die in verschiedenen Städten beobachtete Koinzidenz zwischen den Grundwasserschwankungen und dem Entstehen und Schwinden der Epidemien im Sinne der lokalistischen Lehre auffassen muß. Auch die neueren experimentellen Untersuchungen Emmerichs erscheinen nicht genügend, auch nicht geeignet, die Pettenkofersche Bodentheorie in der Emmerichschen Modifikation: Verunreinigung der oberflächlichen Bodenschichten, Entwicklung und Vermehrung der pathogenen Keime in ihnen, Verbreitung derselben durch viele Tiere (Russen, Schwaben, Totenkäfer, Tausendfüßler, Mauer- und Kellerasseln, Schnecken, Randasseln und Regenwürmer, Mäuse und Ratten) auf Nahrungsmittel als allgemein gültig anzunehmen, wenn auch zugegeben werden muß, daß dieser Übertragungsmodus gelegentlich vorkommen kann. Es ist immerhin als ein Fortschritt zu bezeichnen, daß sich Emmerich, welcher mit gleicher Begeisterung und gleichem Fleiß, wie einst Pettenkofer, für die lokalistische Lehre eintritt, der bakteriologisch-experimentellen Forschung bedient. Aus dem, was diese Untersuchungen bisher ergeben haben, kann jedoch nicht geschlossen werden, daß eine direkte Beteiligung des Bodens bei der Entwickelung, Produktion und Verbreitung der Infektionserreger zum Entstehen der Epidemien notwendig ist. Daß die tieferen Bodenschichten, wie ursprünglich von der lokalistischen Lehre angenommen wurde, hierbei beteiligt sind, und die Luft als Transportmittel der Infektionserreger dient, ist auch nach den neueren Studien Emmerichs mit Sicherheit auszuschließen.

Etwa $1^1/_2$ Jahre nach Zusammenstellung dieses Artikels ist der III. Band der Jubiläumsschrift zum 50 jähr. Gedenken der Begründung der lokalistischen Lehre Max Pettenkofers: „M. Pettenkofers Bodenlehre der Cholera indica, experimental begründet und weiter ausgebaut von Prof. Rud. Emmerich“ [37] erschienen. Auch das Studium dieses ausgedehnten, mit enormem Fleiß zusammengestellten Werkes, hat mich nicht überzeugen können, daß auffallende Verschiedenheiten im Auftreten der Cholera damit erklärt werden müssen, daß die Choleravibrionen, wenn sie für den Menschen gefährlich werden sollen, erst in einem für sie geeigneten Boden sich aufgehalten haben müssen. Ein Beispiel soll zeigen, daß man die vorgeführten Beobachtungen doch auch anders deuten kann.

„Das hervorragendste, geradezu großartige Beispiel, welches in einwandfreier Weise den Beweis für die ausschließliche Abhängigkeit der Cholera-

verbreitung von der Bodenbeschaffenheit klar und überzeugend liefert, ist die teilweise für Cholera hochdisponierte Stadt Lichtenstein und die baulich damit zusammenhängende völlig immune große Ortschaft Callnberg sowie das nur 1/2 km davon entfernte ebenfalls gänzlich immune Rödlitz".

Der beigegebene Plan zeigt uns, daß die Cholerafälle in den auf Alluvium in nächster Nähe eines Baches und eines zugehörigen Mühlgrabens gelegenen Häusern auftraten, während die auf Lehm, Rotliegendem und rohem Letten erbauten Häuser frei blieben, welche Beobachtung im Pettenkoferschen Sinne gedeutet wurde. Emmerich berichtet dann u. a.

„Der Boden des niederen, an der Rödlitz gelegenen Stadtteiles von Lichtenstein, welcher allein von Cholera schwer heimgesucht worden war, besteht aus Flußkies und Sand. Dieser Kies und Sand gleicht in seiner Zusammensetzung vollständig dem alten Flußschotter des jüngeren Diluviums, weil er wie dieser dem Gebiete des betreffenden Flusses entstammt. Die von ihm gebildeten Ablagerungen bestehen gewöhnlich in ihrem unteren Niveau aus gröberem Kies und Sand, während die Decke von einem sehr feinen Sande gebildet zu werden pflegt. Die Mächtigkeit dieser im Rödlitz- und Mülsener Tale ganz gleich beschaffenen Sand- und Kiesablagerungen an den Flußufern ist eine sehr geringe, nur 1 bis 2 m betragende, so daß das Rotliegende im Bette des Baches ansteht. Die obere Lage feinen Sandes, welche bei entsprechendem Nährstoffgehalt die Vermehrung der Cholerabazillen ermöglicht, kann durch die bisweilen stattfindende Lehmbeimengung stellenweise zu choleraimmunem (Cholerabazillen vernichtendem) Boden werden.

Diese Sand- und Kiesablagerungen sind häufigen Veränderungen unterworfen, da bei jedem starken Regen oder Gewitter die Rödlitz frische Massen sandigen Kieses, „Sand" genannt, herbeiführt und auf den von der „Niederstadt" und „am Sand" okkupierten Ufern ausbreitet. Diese Sandmassen sind so reichlich, daß sie nach jedem Gewitter von einer bestimmten Stelle „am Sand" ausgehoben und in Wagen zu Bauzwecken weggeführt werden.

Die Disposition dieses sandigen Kiesbodens der Niederstadt usw. für Cholera wird noch dadurch erhöht, daß nach Günther das Grundwasser schon in einer Tiefe von 2 m unter der Bodenoberfläche ansteht, während die Brunnen in den choleraimmunen hochgelegenen Teilen von Lichtenstein eine Tiefe von 15 1/2 m haben. Bei meinem Besuche in Lichtenstein am 28. April 1907 fand ich das Grundwasser in einer 2 m tiefen Baugrube, gegenüber dem Cholerahause Nr. 345 B „am Sand", nur 1 m unter der Bodenoberfläche."

Daß derartige Wasserverhältnisse doch gewiss einen erheblichen Einfluß auf das Verhalten der Epidemie ausüben konnten, ev. sogar mußten, ist mir zweifellos. Nur eine genaue Beobachtung der Verhältnisse und zahlreiche Wasseruntersuchungen zur Zeit der Epidemie (1866), aber nicht Bodenuntersuchungen allein, welche 40 Jahre später vorgenommen werden, würden in solchen Fällen den Einfluß des Wassers ganz auszuschließen gestatten.

Auch die ausgeführten bakteriologischen Bodenuntersuchungen sind für mich nicht entscheidend, bis ich mich nicht persönlich überzeugt habe, daß bei der Untersuchung der verschiedenen Bodenarten sich stets die mitgeteilten Unterschiede finden. Vielleicht ändere ich in diesem Punkte mein Urteil, wenn ich von Prof. Emmerich die erbetenen und zugesagten Bodenproben

erhalte. Zahlreiche Bodenuntersuchungen haben mich gelehrt, daß je nach Ausführung derselben die Ergebnisse sehr ungleich ausfallen können.

Die Untersuchung des Bodens

hat die Aufgabe, alle die Momente festzustellen, welche vom hygienischen Standpunkte wissenschaftliche Bedeutung oder praktisches Interesse haben. Wie aus den vorausgegangenen Erörterungen hervorgeht, sind hygienisch-wissenschaftliche Untersuchungen über den Boden mehr und mehr in den Hintergrund getreten. Die Methodik der hygienischen Untersuchung hat zumeist nur die Aufgabe, im gegebenen Fall das Substrat zu liefern, ob ein Boden für den Bau eines Hauses, für die Einrichtung von Rieselfeldern, von Müllabladeplätzen, von Friedhöfen, ferner für eine Wasserversorgung die nötige Eignung besitzt. Dies alles ist, wie besprochen, vom mineralogisch-geologischen Gesamtcharakter, ferner vom chemisch-physikalischen Verhalten und den Wasserverhältnissen des Bodens abhängig.

Die Feststellung des mineralogisch-geologischen Verhaltens bedarf keiner hier besonders zu besprechenden Methodik. Was die Wechselbeziehungen zwischen Bodenteilchen und Luft anlangt, so sind die zu ihrer Erforschung notwendigen Methoden schon weiter oben (S. 524 u. ff.) besprochen worden.

Durch chemische Untersuchungen kann die Art und der Grund von Verunreinigungen bestimmt werden; es würden dann, wenn es sich um menschliche und tierische Abfallstoffe handelt, quantitative Untersuchungen von Ammoniak, salpetriger Säure, Salpetersäure, Chloriden, Schwefelwasserstoff und organischen Substanzen in Frage kommen. Bei Verunreinigung durch gewerbliche Betriebe sind selbstverständlich die verschiedenartigsten Möglichkeiten gegeben. Ein Bedürfnis, derartige Untersuchungen auszuführen, zu welchen die hierfür auch sonst gebräuchlichen Methoden analoge Anwendung zu finden hätten, dürfte nur höchst selten vorhanden sein, weil, abgesehen von Verunreinigungen durch technische Betriebe, eine genaue Besichtigung der örtlichen Verhältnisse, namentlich der aus verschiedenen Punkten und aus verschiedenen Tiefen entnommenen Bodenproben die gewünschte Aufklärung bieten werden. Spezielle Methoden sind in den Werken von Lehmann [38] und Emmerich und Trillich [39] nachzusehen. Die Bestimmung der Bodentemperatur, welche übrigens, soweit sie hygienisches Interesse bietet, genügend erforscht ist, wird derart ausgeführt, daß träge Thermometer an Holzklötzen mit quadratischem Querschnitt befestigt werden, welche in einen genau passenden, mit Holz ausgekleideten Schacht derart eingelassen werden, daß sie jederzeit leicht aus ihm herausgenommen und die Temperaturen abgelesen werden können.

Bei der Bestimmung der Filtrationsfähigkeit eines Bodens ist man im allgemeinen auf Analogieschlüsse angewiesen; aus Erfahrung weiß man, daß ein Boden, welcher aus Lehm oder Sand, bezw. Schotter und Sand besteht, ein gutes Filter bildet, während auch der dichteste Fels, wenn er Spalten und Klüfte enthält, als unzuverlässiges Filter zu betrachten ist. Im speziellen ist es sehr schwer, eine Entscheidung zu fällen. Versuche im Terrain können wegen technischer und örtlicher Schwierigkeiten nur selten in größerer Ausdehnung gemacht werden und Laboratoriumsversuche begegnen aus anderen Gründen fast noch größeren Schwierigkeiten, was aus der geringen Zahl der Literaturangaben entnommen werden kann. Bei

Versuchen im Terrain wird zumeist der Weg eingeschlagen, daß zunächst durch Einschütten von Kochsalz in die gegrabenen bezw. ad hoc geschlagenen Brunnen und Untersuchung des Grundwassers in verschiedenem Abstand von der Kochsalzeinschüttung die Schnelligkeit bzw. die Richtung des Grundwasserstromes festgestellt, und dann durch analoges Eingießen von Prodigiosuskulturen und Untersuchung des Grundwassers die Filtrationswirkung bestimmt wird. Ferner wird auch die Höhe des Grundwasserstandes in den Bohrlöchern ermittelt, um hieraus die Richtung und das Gefäll des Grundwassers feststellen zu können.

Bei Versuchen mit Mikroorganismen wird die Infektion des Terrains in verschiedener Weise vorgenommen. Man kann Prodigiosuskulturen in mehrere Bohrlöcher A, B, C, D, E (Fig. 79) eingießen, welche auf einem Kreisbogen in geringen Abständen voneinander eingesenkt werden, während die Probeentnahme in anderen grundwasserstrom-abwärts gelegenen Bohrlöchern erfolgt, von welchen das eine im Mittelpunkt des oben erwähnten Kreisbogens, die übrigen, G, H, auf einer Linie liegen, die auf der Sehne des Kreisbogens senkrecht steht. Oder die Kulturaufschwemmungen werden in ein Bohrloch, F oder G, eingebracht und die Probeentnahme erfolgt in stromabwärts gelegenen, wiederum auf einem Kreisbogen analog angeordneten Bohrlöchern, J, K, L, M, N. Bei anderen Versuchen wird, um die Wirkung der ungleichmäßigen und deshalb unsicheren Filtrationskraft der Humusschicht auszuschließen, in einer bestimmten Entfernung von einem Bohrloch stromaufwärts ein kreisbogenförmiger Graben von etwa 50 cm Tiefe bis unter die Humusschicht ausgehoben und dieser mit der Prodigiosuslösung beschickt und täglich bewässert, wodurch der Einfluß festgestellt werden kann, den eine etwaige oberflächliche Verunreinigung des Bodens an Stellen verursachen würde, wo der Humus durch Tiere aufgewühlt und damit leicht durchgängig gemacht worden ist. Mit besonderer Sorgfalt muß bei solchen Versuchen darauf geachtet werden, daß bei der Probeentnahme eine oberflächliche Verschleppung der in Unmassen verwendeten Prodigiosuskeime vermieden wird, weshalb vor jeder Eröffnung die Verschlüsse der Bohrlöcher mit einer Stichflamme sterilisiert und die der Probeentnahme dienenden in die Bohrlöcher eingesenkten Röhren (in einer Feldschmiede) erhitzt werden sollen. Die in dieser Weise ausgeführten Untersuchungen zeigen dann, ob eine weitergehende Verschleppung der Prodigiosuskeime stattfindet.

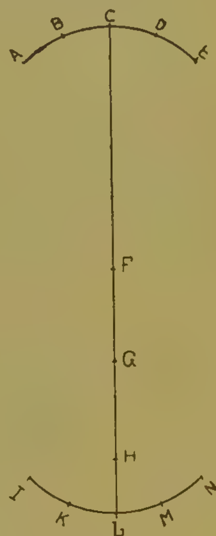


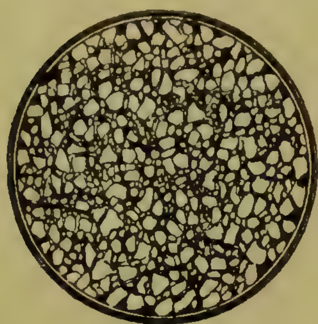
Fig. 79.

Laboratoriumsversuche sollen dann die Versuche im Terrain ergänzen. Bei solchen Versuchen hat K. B. Lehmann [40] 10 cm weite Zinkblechrohre von verschiedener Länge benutzt, welche er mit Lehm bezw. Sand füllte. An das eine Ende der gefüllten Röhren wurde ein Ansatz rechtwinklig angelötet und mit Wasser gefüllt und dann bestimmt:

1. die Menge des durchgehenden Wassers zur Berechnung der Filtrationsgeschwindigkeit;
2. die Durchlässigkeit der Lehm- bezw. Sandschicht für in das Druckrohr eingegossene Bakterien.

Lehmann gibt an, daß ihm die Füllung der Rohre besondere Schwierig-

keiten verursachte und daß er sich durch Zersägen der Rohre und Bestimmung des Porenvolumens einzelner Ausschnitte davon überzeugte, daß die Rohre dicht genug gestopft waren. Bei einem Versuch hatte sich eine Rinne zwischen Rohrwand und Lehm gebildet, weshalb Wasser und mit ihm die eingebrachten Bakterien bald in Massen ausflossen. Bei Versuchen, welche mit einem Material angestellt werden, das nicht nur aus feinsten Bodenpartikelchen besteht, ist jedoch zu befürchten, daß sich bei Benutzung von Röhren mit starren Wandungen an der Peripherie der Röhren leichter passierbare Straßen bilden. Dort ist es nämlich fast ausgeschlossen, daß sich die Bodenteilchen derart dicht an die Wandung anlegen, wie sich unter natürlichen Verhältnissen die Bodenteilchen ineinander schieben. Die gröberen Teilchen stemmen sich mit Spitzen und Kanten an die Wandung an und lassen zwischen sich und der Wand größere Hohlräume, welche weniger gut filtrieren als die zentralen Teile. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man Boden in Glaszylinder einfüllt, auch wenn man durch häufiges Aufstoßen des Zylinders eine möglichst gleichmäßige Füllung anstrebt; vgl. Fig. 80. Um dieser Fehlerquelle auszuweichen, muß man ein Material für die Wandungen verwenden, welches weich und nachgiebig ist. So


Fig. 80.

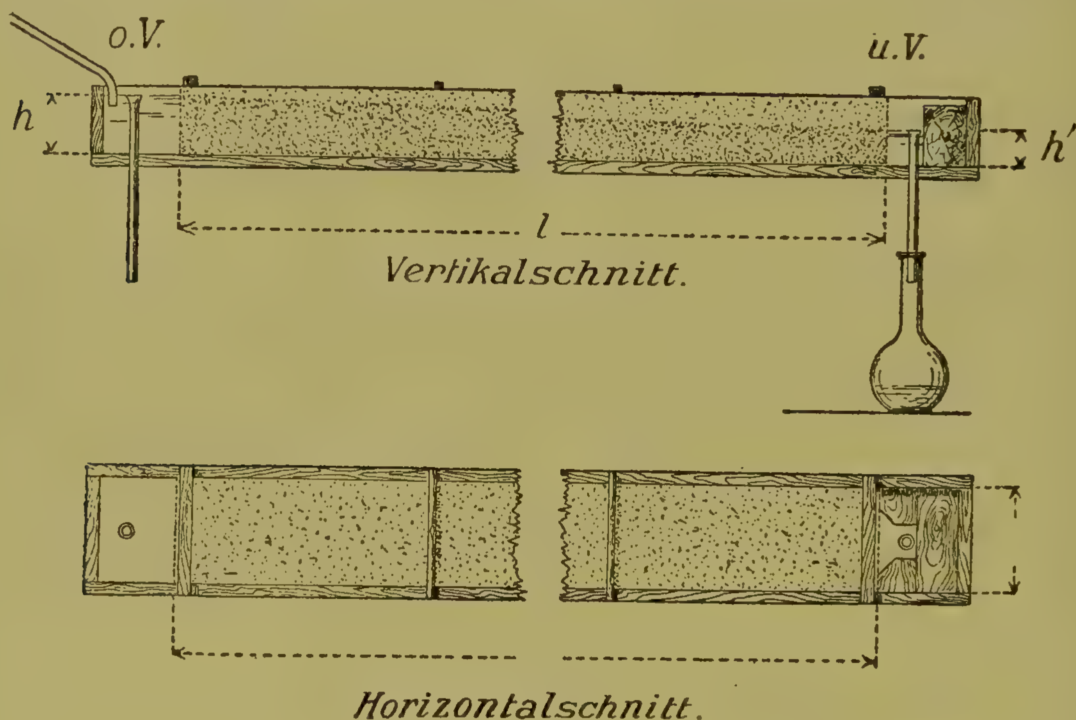


Fig. 81 und 82.

kann man einen Holztrog benutzen, wie er zuerst von Fossa-Mancini angegeben wurde. Der sorgfältig gearbeitete Holztrog besteht aus dicht gefugtem Holz und hat eine Länge von 4 m, eine Breite von 30 cm und eine Höhe von 20 cm. Der Trog wird auf zwei beweglichen Gestellen genau horizontal eingestellt. Am Anfang und Ende des Trogs sind durch Drahtnetze zwei kleine Abteilungen abgetrennt, in welchen sich verschiebbare

Glasröhren zur Einstellung des Niveaus und zur Regulierung des Drucks befinden (Fig. 81 und 82). Im oberen Vorraum (o. V.) ist der Zulauf; durch das Überfallrohr wird das Niveau eingestellt; die gleiche Vorrichtung befindet sich im unteren Vorraum (u. V.), dessen Volumen durch eingesetzte Holzstücke (siehe den Querschnitt) stark reduziert ist, um die durchgeflossenen Lösungen bezw. Bakterienaufschwemmungen möglichst rasch erkennen zu können. Der Boden wird zwischen die Siebe eingefüllt, nach Füllung mit Wasser kann durch Verschiebung der Glasrohre ein beliebiges Gefälle hergestellt werden, welches aus der Differenz der Höhen h—h' und der Länge der Bodenschicht l berechnet wird.

Die geschilderte Vorkehrung eignet sich sehr gut zur Bestimmung der Durchgangsgeschwindigkeit bei verschiedenem Gefäll. Nach Einbringen von Kochsalz bzw. Fluoreszeïn läßt sich leicht und sicher die Zeit bestimmen, welche die Flüssigkeit braucht, die gegebene Strecke zu durchfließen. Schwieriger gestaltet sich die Verwendung des Trogs für bakteriologische Untersuchungen. Man kann zwar feststellen, ob in großen Mengen eingebrachte Prodigiosuskeime nach einigen Tagen im Abfluß erscheinen; eine längere Beobachtung wird aber durch das Überwuchern der Saprophyten verhütet. Da es nicht möglich ist, die große Bodenmenge zu sterilisieren bzw. steril zu erhalten, wurde von Prausnitz [41] ein anderes Verfahren ausgearbeitet, bei welchem der Boden in einen Feuerwehrschlauch mit Gummiwandungen eingefüllt wird, wodurch die Lücken und Straßen an den Wandungen vermieden werden; näheres a. a. O.

Die Messung des Grundwasserstandes besteht in der Bestimmung der Entfernung des Grundwasserspiegels von der Bodenoberfläche. Die Messung wird zumeist an Kesselbrunnen vorgenommen, indem man ein Meßband bis zum Grundwasser einsenkt und dann am Meßband die Entfernung bis zur Bodenoberfläche abliest. Bei tiefem Grundwasserstand ist es sehr schwer, zu erkennen, wann das Ende des Meßbandes gerade den Grundwasserspiegel berührt; für solche Fälle empfiehlt sich die Verwendung eines von Pettenkofer angegebenen kleinen Apparates (Fig. 83), der aus einer ca. 30 cm langen Metallstange besteht, an welcher in Entfernungen von 0,5 zu 0,5 cm kleine Schälchen angebracht sind. Der kleine Apparat wird an das Ende der Meßschnur befestigt und diese so lange in den Brunnen ein-



Fig. 83.

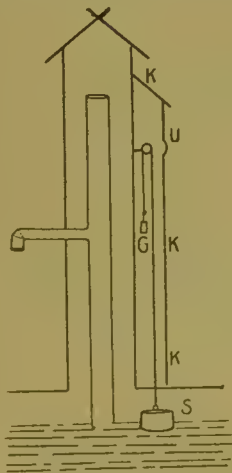
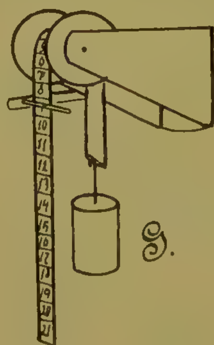
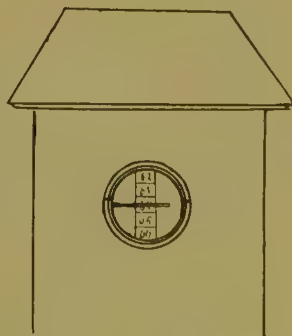


Fig. 84.


Fig. 85.


Fig. 86.

gesenkt, bis ein Teil der Schälchen sich unter Wasser befindet und mit Wasser vollfüllt. Man kann dann sicher erkennen, wie tief die Meßschnur inkl. Meßstab sich im Wasser befand und erhält den Grundwasserstand, indem man zu der abgelesenen Strecke des Meßbandes die Länge des noch trockenen Teiles der Meßstange hinzuaddiert.

Bei regelmäßigen Grundwassermessungen bringt man einen Schwimmer (s. Fig. 84) an das Meßband, legt dieses über eine Rolle und befestigt am anderen Ende ein Gewicht G, welches so schwer ist, daß das Band immer gespannt bleibt. Ein vor dem Meßband befindlicher Stift erleichtert das Ablesen (Fig. 85). Diese Vorrichtung wird zweckmäßig an der Außenwand eines Brunnens angebracht und durch einen kastenartigen Aufsatz K vor Witterungseinflüssen geschützt. Wenn man dann noch in den Kasten an der Stelle, wo der Stift vor dem Meßband liegt, ein Uhrglas einsetzt (Fig. 86), kann man den Grundwasserstand ablesen, ohne den Kasten öffnen zu müssen.

Bakteriologische Bodenuntersuchung.

Zur Untersuchung des Bodens auf Mikroorganismen wird eine kleine Probe mit sterilem Platinlöffel von bekanntem Volumen entnommen oder aber abgewogen und direkt dem Nährboden beigemischt, welcher dann in Esmarchschen Röhrchen oder Petrischalen ausgebreitet wird. Es empfiehlt sich, den Boden im Achatmörser mit der verflüssigten Gelatine zu verreiben (Reimers [16]). Bei hohem Keimgehalt ist es angezeigt, die zur Untersuchung bestimmte Bodenprobe in einem sterilen, mit 100 ccm sterilisiertem Wasser beschickten Kölbchen durch tüchtiges Umschütteln zu verteilen und einen aliquoten Teil dem Nährboden zuzusetzen. Das Verfahren ist von Hiltner und Strömer [42] sorgfältig ausgearbeitet worden. Je nach der Art des Bodens — Kies, Sand, Lehm usw. — ist verschieden vorzugehen. Bei Lehmboden wird man gleichmäßigere Zahlen erhalten als bei Kies- oder Sandböden, wo einzelne feste Partikelchen allein einen bedeutenden Teil der Versuchsprobe ausmachen können.



Fig. 87.

Jedenfalls hat die Untersuchung möglichst rasch, nachdem der Boden seinen natürlichen Verhältnissen entzogen ist, zu erfolgen, weil sich der Keimgehalt des Bodens, welcher seinen natürlichen Bedingungen entzogen ist, bald ändert. Auch bei der bakteriologischen Bodenanalyse ist zu berücksichtigen, daß die Beschaffenheit des Nährbodens auf Zahl und Art der wachsenden Keime einen Einfluß ausübt. So fand Perotti [43], daß die Anzahl Kolonien, welche auf Agarplatten nach Zusatz von Torf, welcher 1 ‰ Mineralstoffe enthielt, wachsen, nach Zusatz von 1 Proz. Glukose, ganz erheblich größer ist, als auf den gewöhnlichen Nährböden. Der erstere Nährboden liefert annähernd gleiche Ergebnisse wie Agarplatten mit Heydenschen Albumosen oder mit Torfextrakt und Heydenschem Nährstoff. Zur Entwicklung gelangen hauptsächlich Hyphomyceten, ziemlich gut oligonitrophile, niemals obligat nitrophile Bakterien.

Mit der bekannten von Uhlenhuth und Kersten zur Züchtung von Tuberkelbazillen eingeführten Antiforminmethode gelang es Kersten [44],

aus dem Boden einen säure- und alkoholfesten Mikroorganismus zu züchten, welcher nicht pathogen war, also zu den Tuberkelbazillen humanen oder bovinen Ursprungs nicht gehört.

Die Probeentnahme erfolgt in tieferen Schichten mit dem von C. Fränkel angegebenen Bohrer (s. Fig. 87), welcher oberhalb seiner Spitze eine Hülse hat, die in beliebiger Tiefe geöffnet und geschlossen werden kann; sie wird vor dem Einbohren sterilisiert. Ein derartiger Bohrer kann jedoch nur bei Sand, Lehm usw. Verwendung finden. Kies usw. setzt ihm unüberwindliche Widerstände entgegen. Man kann dann nur durch Ausgraben zur gewünschten Stelle gelangen, wobei man die Vermischung mit oberflächlichen, keimreichen Bodenpartien zu vermeiden hat. Ist man durch Graben zur gewünschten Tiefe gekommen, so brennt man die Stelle mit einer Lötlampe ab, läßt erkalten, entfernt mit sterilem Glasstab die vorher erhitzte Partie und nimmt dann die Probe mit einem sterilen Reagenzglas von großem Durchmesser.

Literatur:

1) Fodor, Hygiene des Bodens im Weilschen Handb. d. Hyg. 1896, **1**, 37.
2) Soyka, Boden 1, 2, 3 im Pettenkofer-Ziemssenschen Handb. d. Hyg. 1887, S. 57.
3) Flügge, Beiträge zur Hygiene 1879.
4) Schwarz, Bericht über die Arbeiten der k. k. landwirtschaftl. Versuchsanstalt Wien 1870/71.
5) Renk, Z. f. Biol. 1879, **15**, 205.
6) v. Pettenkofer, Populäre Vorträge, 1877, S. 85.
7) Wolffberg, Arch. f. Hyg. 1883, **1**, 267.
8) Welitschowsky, Arch. f. Hyg. 1883, **1**, 210.
9) F. Hofmann, Arch. f. Hyg. 1883, **1**, 273.
10) Wild, Repertor. f. Meteor. VI, zit. nach Soyka (s. oben 2, S. 147).
11) Müttrich u. Schubert, zit. nach Hann, Lehrb. d. Meteorologie 1906, S. 46.
12) Schottelius, Centralbl. f. Bakt. 1890, **7**, 265.
13) Karlinski, Centralbl. f. Bakt. 1891, **9**, 434.
14) Carl Fränkel, Z. f. Hyg. 1887, **2**, 521.
15) R. Koch, Arb. a. d. K. Ges.-Amt 1881, **1**, 34.
16) Reimers, Z. f. Hyg. 1889, **7**, 307.
17) Fülles, Z. f. Hyg. 1891, **10**, 225.
18) G. Kabrhel, Arch. f. Hyg. 1906, **58**, 345.
19) Ekelöf, Z. f. Hyg. 1907, **56**, 344.
20) F. Hofmann, Arch. f. Hyg. 1884, **2**, 145.
21) D. Engberding, Centralbl. f. Bakt. 1909, II, **23**, 569.
22) Anna Stregulina, Z. f. Hyg. 1905, **51**, 18.
23) Buri, Centralbl. f. Bakt. 1895, II, **1**. 22 u. 80.
24) Jacobitz, Centralbl. f. Bakt. 1901, II, **7**, 783.
25) Süchting, Centralbl. f. Bakt. 1904, II, **11**, 377.
26) Pfeiffer in Flügge, Die Mikroorganismen 1897, **1**, 507.
27) Emmerich u. Gmünd, Münch. med. W. 1904, **51**, 1090.
28) Kitasato, Z. f. Hyg. 1890, **8**, 199.
29) Lösener, Arb. a. d. K. Ges.-Amt 1896, **12**, 448.
30) Mair, Journ. of hyg. 1908, **8**, ref. nach C. f. B. 1. Abt. Referate, 1909, **42**, 136.
31) Rullmann, Centralbl. f. Bakt. 1901, I. Abt., **30**, 321.
32) Galvagno u. Calderini, Z. f. Hyg. 1908, **61**, 185.
33) Emmerich u. Wolter, Die Entstehungsursachen der Gelsenkirchener Typhusepidemie von 1901. Jubiläumsschrift zum 50jährigen Gedenken der Begründung der lokalistischen Lehre Max v. Pettenkofers, München 1906, S. 126.
34) v. Pettenkofer, Zum gegenwärtigen Stand der Cholerafrage. München 1887.
35) Kruse, Centralbl. f. allg. Ges.-Pfl. 1906, **25**.
36) Kaiser, Centralbl. f. allg. Ges.-Pfl. 1908, **27**, 383.
37) Max Pettenkofers Bodenlehre der Cholera indica, experimentell begründet und weiter

ausgebaut von Dr. Rudolf Emmerich, Professor an der Universität München. Mit Beiträgen von Dr. Ernst Angerer, Assistenten am physikal. Institut München, Dr. Jahr in Berlin, Prof. Dr. E. Jordis in Erlangen, Dr. W. M. Scott in Edinburgh und Prof. Dr. Oscar Loew in München. Jubiläumsschrift zum 50jährigen Gedenken der Begründung der lokalistischen Lehre Max Pettenkofers. III. Band.
38) Lehmann, Methoden d. praktischen Hygiene 1901, S. 177.
39) Emmerich u. Trillich, Hygienische Untersuchungen 1902, S. 84.
40) K. B. Lehmann, Vier Gutachten über die Wasserversorgungsanlage Würzburgs. 1900, S. 108.
41) Prausnitz, Z. f. Hyg. 1908, **59**, 161.
42) Hiltner u. Strömer, Arb. a. d. K. Ges.-Amt, Arb. a. d. biol. Abt. f. Land- u. Forstwirtschaft 1903, **3**, 445.
43) Perotti, Centralbl. f. Bakt. 1908, II. Abt., **21**.
44) Kersten, Centralbl. f. Bakt. 1909, I, **51**, 494.

Die Wärme.

Von

M. Rubner in Berlin.

Die Wärme.

Äußere Einflüsse, welche das Wärmegefühl bedingen.

Die Empfindungen kalt, warm sind das Resultat der Erregung der kalt und warm empfindenden Nervenendigungen in der Haut, von denen die ersteren zahlreicher vertreten sind als die letzteren. Die Kaltpunkte liegen nach v. Frey tiefer in der Haut als die Warmpunkte. Bei Applikation von Kälte und Wärme an verschiedenen Stellen des Körpers ergeben sich mancherlei Unterschiede, wir wenden uns im weiteren aber nur der Betrachtung solcher Einflüsse zu, welche große Gebiete der Körperoberfläche gleichzeitig treffen.

Kalt- und Warmempfindung entsteht durch Temperaturveränderung der Haut; die eine solche bedingenden äußeren Einwirkungen sind jedoch sehr mannigfacher Art und werden uns im einzelnen nicht immer bewußt.

a) Die Wärmestrahlung und Wärmeausstrahlung.

Der Wärmezustand unserer Umgebung wie der des Körpers wird durch die Bestrahlung durch die Sonne und durch die Ausstrahlung von Wärme nach dem Weltenraum oder der näheren Umgebung im wesentlichen Maße bedingt.

Die Menge der durch die Sonne der Erde zufließenden Wärmestrahlung läßt sich genau messen und durch Beobachtungen in verschiedenen Seehöhen für die Grenze der Atmosphäre schätzen. Nach Langley beträgt sie für den letzteren Fall rund 3 g/kal pro 1 Minute und 1 Quadratzentimeter (nach neueren Untersuchungen noch etwas mehr), was hinreicht, um in einem Jahre eine Schicht von 54 m Eis zu schmelzen. (Neuere Angaben siehe bei Kurlbaum, Sitzungsber. der k. preuß. Akademie der Wissenschaften 1911, XXV.) Durch die von der Atmosphäre ausgeübte Absorption gelangt aber nur ein Teil der vorgenannten Wärmemenge zur Erde, um so mehr, je geringer und durchlässiger die über uns lagernde Luftschicht ist.

Die Strahlung der Sonne führt Ätherwellen von sehr verschiedener Länge, wir bezeichnen solche von 0,00807 mm als die Grenze des Ultrarots, 0,000683 mm als Grenze des sichtbaren Rots, 0,00033 mm als Grenze des sichtbaren Violetts, 0,0001 mm als die Grenze des Ultravioletts. Das Maximum der Strahlung liegt an der Grenze der Atmosphäre, vermutlich zwischen grün und blau, bei üblichem Hochstand zu Mittag, in Seehöhe 0 im Gelb.

Alle diese Strahlen können absorbiert und dann in Wärme umgewandelt werden, und aus diesem Wärmeäquivalent läßt sich die Intensität der Strahlung in den verschiedenen Spektralbezirken messen; es geschieht das

entweder durch linear angeordnete Thermosäulen oder bolometrisch durch feinste Metallfäden, deren elektrischer Widerstand mit der Erwärmung variiert. Diese letztere Methode gestattet noch Änderungen der Temperatur des bestrahlten Drahtes um $^1/_{50\,000}{}^0$ wahrzunehmen.

Eine besondere Wirkung der kurzwelligen Strahlen ist die chemische Wirkung, die man meist mittels Bromsilberplatten (Schwärzung) gemessen hat. Die langwelligen Strahlen außerhalb unserer Sehweite nennt man innerhalb eines gewissen Gebietes die Wärmestrahlen; es hat aber jede andere Strahlenart auch ihr Wärmeäquivalent. Eigenartig für das Sonnenlicht ist die bedeutende Größe des Wärmeäquivalents der Lichtstrahlen zur gesamten wärmenden Wirkung, eigenartig weiter die starke chemische Wirkung, d. h. der Reichtum an kurzwelliger Strahlung. Geht man von einer Amylazetatlampe aus und nennt deren optische und chemische Wirkung (auf Bromsilber) = 1, so ist die Wirkung

	optisch	chemisch
beim elektrischen Bogenlicht .	8000	300000
beim Sonnenlicht	70000	450000

Die Strahlen verschiedener Wellenlängen werden in der Atmosphäre je nach deren Dicke und Dichte in verschiedenem Grade absorbiert. Im ganzen mögen rund an 25 Proz. zur Absorption gelangen, von den Lichtstrahlen 12—19 Proz. (am meisten von dem kurzwelligen Licht) von den dunklen Strahlen sollen 60 Proz., von den chemisch wirksamen 56 Proz. absorbiert werden.

Der Grad der Absorption ist abhängig von dem Grade des Hochstandes der Sonne, weil hiermit die Dichte und die Wegstrecken der Luftschichten, welche die Strahlen zu durchsetzen haben, variieren (Hann, Handb. d. Klimatologie, Bd. I, S. 107, 2. Aufl.):

Bei einer Sonnenhöhe von	0°	10°	30°	50°	70°	90°
ist die Dichte der Atmosphäre	44,7	5,7	2,0	1,3	1,1	1,0
und die durchgelassene Wärme, die einfallende = 1 gesetzt	0	0,3	0,62	0,72	0,76	0,78
auf eine horizontale Fläche trifft	0,0	0,05	0,31	0,55	0,72	0,78

Auch die optischen Eigenschaften der Sonnenstrahlung ändern sich mit dem Hochstand der Sonne, bei tiefstehender Sonne findet sich hauptsächlich das rote und gelbe Ende des Lichtteiles erhalten und das Maximum der Intensität der Strahlung liegt zwischen rot und orange.

Die Gesamtstrahlung des Tages wächst von der Seehöhe 0 bis 3700 m (am Pik von Teneriffa) um 30 Proz. und die Vertikalstrahlung um 22 Proz. (Ångström, Nova acta Rey. Soc. Scient. Upsala 1900, Ser. III u. Exner, Meteorol. Zeitschr. 1903, Bd. XX, S. 409).

Die Schwankungen der absoluten Größe der Sonnenstrahlung mögen in absoluten Zahlen an einem Beispiel angeführt sein. An einem wolkenlosen Tage betrug nach Bestimmungen des Verfassers die mittels eines Pyrheliometers gemessene Helligkeit in Marburg (14. Okt. 1890):

Zeit	Zenitdistanz	Wärmemenge in g/kal pro 1 Minute u. 1 Quadratzentimeter
8,45	62°	0,877
9,32	56°	0,900
10,10	53°	0,958
10,49	50°	-0,987
11,37	47°	1,085

In gleicher Weise fallen in den Nachmittagsstunden die Wärmewerte wieder ab. Der Wirkungswert auf ein Objekt hängt von der Lage der wärmeaufnehmenden Flächen zum einfallenden Strahl, d. h. von dem Sinus des Einfallswinkels ab. Auf dem Sonnblick (3016 m) hat Exner (l. c.) von 7 Uhr morgens bis 7 Uhr abends folgende Strahlungswerte gemessen (Juni und Juli 1902):

1,32 1,44 1,52 1,57 1,60 1,59 1,56 1,48 1,46 1,36 1,24 0,98.

Die Verteilung der Sonnenstrahlung über die Erde hängt ganz mit der geographischen Lage eines Ortes, seiner Breite zusammen, sie bestimmt aber nicht die Lufttemperatur, da auf deren Verteilung auch die Winde einen wesentlichen Einfluß ausüben. Variabel ist jedoch der Effekt der Strahlung insofern, als die Wolkenbildung wie ein Schirm die Sonnenstrahlung zu hemmen vermag; hierfür maßgebend sind also vor allem die Sonnenscheinzeiten, über welche an anderer Stelle berichtet werden wird. Einer der wesentlichsten Faktoren stellt die Höhenlage dar, wie aus dem bisher Besprochenen sich genügend ergibt.

Direkte quantitative Messungen der Gesamtstrahlung der Sonne oder einzelner Komponenten der Strahlung (Licht, chemische Strahlung usw.) für einzelne Orte sind in systematischer Weise bis jetzt nicht in Angriff genommen.

Die in der Atmosphäre zurückgehaltenen Strahlen gehen nicht völlig für uns verloren. Die erstere ist als trübes Medium zu betrachten, welches dem Durchgang langwelliger Strahlen, insoweit die suspendierten Partikelchen in Betracht kommen, wenig Hindernisse in den Weg legt, dagegen die kurzwelligen Strahlen reflektiert; so kommt das Blaue des Himmels und das diffuse Tageslicht und die diffuse Strahlung an wolkenlosen Tagen zustande.

An trüben Tagen werden vor allem die Wolken selbst zu einer Lichtquelle, welche den Himmel, besonders wenn es sich um dünne Wolkenmassen handelt, heller machen, als er es an wolkenlosen Tagen ist. Die Qualitäten der „Strahlung" wechseln also zwischen dem Gebiete der Sonnenstrahlung, wie auch dem Gebiete des übrigen Himmelsgewölbes in sehr mannigfaltiger Weise.

Dunkle langwellige Strahlen werden von den Wasserdämpfen und der Kohlensäure gut absorbiert. Absorbierte Strahlen jeder Art gehen in Wärme über und bedingen dadurch einen Schutz gegen den Wärmeverlust der Erde. Sehr wechselnde Bedingungen für den Durchgang der Strahlung bringt der wechselnde Staubgehalt und Wasserdampfgehalt in tiefen Luftschichten, im Gegensatz dazu steht die große Durchgängigkeit der Luft im Hochgebirge, den Äquatorialgegenden und in trockenen Klimaten (Westsibirien).

Nach Untergang der Sonne beginnt die Ausstrahlung nach dem Weltenraum, sie steigt rasch auf ein Maximum. Nach direkten Messungen

beträgt sie nach Maurer in Zürich (Juni) 0,13, nach Exner (l. c.) auf dem Sonnblick etwa 0,20 g kal pro 1 Minute und 1 Quadratzentimeter Fläche, auf hohen Bergen ist sie also größer, weil die darüber lagernde Luftschicht dünner ist (Kurlbaum, l. c., S. 113).

Sämtliche Strahlen können, wenn sie auf die Erde treffen, absorbiert und in ihr Wärmeäquivalent umgewandelt werden. Sind sie in Wärme umgewandelt, so ist ihre Rückkehr in den Weltenraum schwieriger geworden, weil die Atmosphäre von den Wärmestrahlen mehr zurückhält als von der leuchtenden Strahlung.

Das Absorptionsvermögen und Reflexionsvermögen für die Sonnenstrahlung hängt von der Natur der Erdoberfläche ab.

In Wasser dringt die Strahlung weit in die Tiefe, wie man annimmt, noch bis 50 m und mehr. Der Erdboden absorbiert je nach seiner Eigenart, vor allem je nach seiner Farbe mehr oder weniger von der Strahlung, weiter kommt die Oberflächenbeschaffenheit (Rauheit, Glätte) und die Wärmeleitung in Betracht. (Näheres siehe unter Hygiene des Bodens.) Feuchtigkeit erhöht die Wärmekapazität, bedingt also stärkere Aufnahme der Strahlung. Wasser hat eine doppelt so hohe Wärmekapazität als trockener Boden.

Reflexionen der Strahlung (Hann, Handb. d. Meteorologie, Bd. I, 1897, S. 44) kommen in sehr bemerkenswertem Grade vor, man spricht von „gespiegelter“ Wärme. Die Spiegelung wird uns leicht verständlich, wenn wir uns die Verhältnisse der Lichtreflexion vor Augen führen. Wasserflächen können je nach dem Winkel der einfallenden Strahlung erhebliche Mengen gespiegelter Wärme geben. Helle Sandflächen, helles Gestein, Häuser werfen viel Wärme zurück.

Die einzelnen Bodenpartien können unter der Bestrahlung die verschiedensten Temperaturen annehmen.

Befinden wir uns umgeben von Flächen (Wandungen, Bergwände), welche hohe Temperaturen angenommen haben, so sind erstere selbst eine wesentliche Quelle der Bestrahlung des Menschen, wenn ihre Temperatur jene unserer Körperoberfläche überschreitet.

Die Strahlung der Sonne kann in verschiedener Weise gemessen werden. Zu quantitativen Mengen kann benutzt werden die Thermosäule, ferner das Bolometer. Das letztere besteht im Prinzip aus einer Wheastoneschen Brücke mit Einschaltung eines Galvanometers. Einen Zweig der Wheatstoneschen Brücke bildet ein äußerst feiner Metalldraht, welcher auf einer isolierenden Unterlage leyerartig gespannt und geschwärzt ist. Die Widerstände der Wheatstonschen Brücke, die vom Strom eines konstanten Elementes durchflossen wird, sind sorgfältig abgeglichen. Wird dieser Draht von einer Wärmequelle getroffen, so schlägt das Galvanometer innerhalb bestimmter Grenzen proportional der Erwärmung des Drahtes aus.

Eine andere Methode ist das Pyrheliometer (Pouillet). Ein kreisrundes niedriges Silbergefäß trägt vertikal zu seinen Flächen ein (einschraubbares) Thermometer. Das Silbergefäß ist geschwärzt, sein Wärmewert und die Wasserfüllung bekannt; setzt man das Instrument so der Sonne aus, daß die Strahlen senkrecht auffallen, so erwärmt sich das Wasser und das Thermometer nimmt (nach 5′) einen bestimmten Hochstand ein, der der Menge der eingestrahlten Sonnenwärme proportional geht. Es muß aber bekannt sein, wie der Gang der Temperatur des unbestrahlten Instrumentes während der der Sonnenmessung vorausgehenden und nachfolgenden

5 Minuten war, um damit die Korrektionen für die Periode der Bestrahlung auszuführen. (Siehe auch bei Angström, l. c.)

Benutzt werden ferner das Aktinometer von Arago-Davy, bestehend aus einem Schwarzkugelthermometer und einem zweiten gleichen Instrument, dessen Kugel blank gehalten wird (Ferrel, Meteorolog. Ztschr. d. deutsch. u österr. meteorolog. Gesellschaft LIII, II, S. 386 ff. u. Maurer, ibid. LIII, V, S. 18).

Die Aufstellung eines der im Handel erhältlichen Schwarzkugel-(Vakuum-)Thermometer hat wenig Wert. Doch lassen sich solche Instrumente mittels des Pyrheliometers eichen und damit als Meßinstrumente gebrauchen (Rubner u. E. Cramer, Arch. f. Hyg. XX, 345, 1894).

Als ein Beispiel der Angaben eines Luft- und Schwarzkugelthermometers mögen folgende von Todd in Adelaide erhaltene Zahlen erwähnt sein:

	Luft-temperatur	Sonnen-temperatur		Luft-temperatur	Sonnen-temperatur
Dezember .	21,9	56,2	Juni . . .	12,4	38,4
Januar . .	23,2	57,2	Juli . . .	10,8	39,8
Februar . .	23,2	56,7	August . .	12,1	43,9
März . . .	21,2	54,5	September .	13,8	47,2
April . . .	18,1	49,3	Oktober . .	16,9	51,1
Mai . . .	14,6	43,2	November .	19,2	54,4

b) Die Lufttemperatur.

Die Luft selbst erwärmt sich, obschon sie, wie wir im vorherigen Abschnitt besprochen haben, Wärmestrahlen absorbiert, wenn gewaltige Wegstrecken in Betracht kommen, fast gar nicht. Was wir als Lufttemperatur messen, ist wesentlich die Folge der Erwärmung, welche die Luft durch die Erdoberfläche (Boden, Wasser, Gebäude, Pflanzenwuchs usw.) erfahren hat.

Die Erwärmung der Luft bedingt sofort einen Auftrieb derselben und neue Luftschichten treten an die warmen Objekte heran. Hat sich schließlich eine vom Boden nur wenig verschieden erwärmte Luftschicht aufgelagert, so nimmt der Wärmeverlust des Bodens nur ganz langsam ab. Die erwärmte aufsteigende Luft kühlt sich durch Ausdehnung, weil sie unter niedrigeren Luftdruck kommt, dynamisch ab, es muß Arbeit geleistet werden, um die Moleküle in größeren Abstand voneinander zu bringen. Ihr Gesamtwärmeinhalt bleibt dabei der gleiche und wird wiedergewonnen, wenn die Luft nach einem Orte von hohem Barometerdruck gelangt. Ein Wärmeverlust im wahrsten Sinne des Wortes tritt also beim Aufsteigen der Luft gar nicht ein; die Hebung erwärmter Luft ist nur beschränkt, da sie sich für 100 m Höhenerhebung bereits um 1° (dynamisch) abkühlt. Auch die heißen Rauchgase erreichen keine bedeutende Höhe.

Boden- und Lufttemperatur können während der Bescheinungszeit durch die Sonne sehr verschieden sein.

	Luft	Boden
Martin fand auf dem Faulhorn in 2680 m Höhe . .	8,2°	16,2
in Brüssel	21,4°	20,1

Es können aber je nach der Bodenart Differenzen von 30—40° zwischen Luft- und Bodentemperatur beobachtet werden, sie sind aber immer auf den Bergen bedeutender wie in der Tiefe.

Unter Temperatur der Luft versteht man die Angaben eines Thermometers, das frei, aber gegen Sonnenstrahlen und Wärmereflexe geschützt, aufgehängt ist.

Der Wärmeausgleich zwischen Luft und Thermometer ist sehr träge, man beschleunigt ihn bei dem Ventilationsthermometer durch die Bewegung der Luft mittels eines Windrädchens. Das verwendbarste Instrument ist das Aspirationspsychrometer Aßmanns, bei welchem die messenden Thermometer durch zwei versilberte Metallröhrchen als Schirme gegen jede Bestrahlung geschützt sind, während ein durch Federkraft bewegtes Windrad Luft einsaugt. Das trockene Thermometer gibt die Schatten-, d. h. Lufttemperatur an.

Zu Dauerbeobachtungen dienen die auf einer registrierenden Trommel die Angaben eines Metallthermometers aufschreibenden Thermographen, welche gleichfalls mit den Einrichtungen für Ventilation verbunden werden können.

c) Luftbewegung.

Nur ganz ausnahmsweise wird man die Luft annähernd in Ruhe finden, in den allermeisten Fällen, im Freien und in Wohnräumen immer, findet eine Bewegung statt. Man heißt eine Luft stagnierend und ruhend, obschon sie eine Bewegung von 0,5 m pro Sekunde haben kann; feuchte Haut fühlt etwas kleinere Bewegungsgrößen der Luft. Schwache Winde nennt man Bewegungen von 8—10 m pro Sekunde, heftige Winde solche von 10—20 m, Orkane solche von 40—50 m pro Sekunde. Überall, wo Temperaturdifferenzen sind, ergeben sich auch Luftströmungen. Neben Horizontalbewegungen kommen auch vertikale Auftriebe von manchmal bedeutender Geschwindigkeit vor. In geschlossenen Räumen findet man die ruhigste Luft in ungeheizten Räumen, in geheizten besteht ein Kreislauf der Luft, über der Wärmequelle (Ofen) aufsteigend, entfernt von ihr absinkend. Außerdem finden sich absteigende Luftströme an den Fenstern, aufsteigende über jedem Menschen. Der Wechsel schwacher Luftströmungen läßt sich in approximativer Weise durch Rauch (Schießpulver, Papier, mit Salpeter getränkt, usw.) nachweisen oder durch feine Anemometer (Lufträdchen mit Glimmer oder Aluminiumflügeln) oder auch feinst äquilibrierte Platten, die durch den Luftstrom aus ihrer Lage abgelenkt werden.

Die üblichen Anemometer geben die feinsten Luftströmungen wegen einer gewissen Trägheit nicht an, Füß (Berlin) konstruiert Instrumente, die durch eine Feder in Bewegung gesetzt werden; feinste Luftströmungen beschleunigen oder verlangsamen, je nach der Richtung derselben, den Gang dieses Anemometers und lassen die schwächsten Strömungen durch den Bewegungszuwachs erkennen. Um einen allgemeinen Ausdruck für die Bewegung der Luft, unabhängig von der Richtung derselben, zu erhalten, kann man sich der Schalenkreuzanemometer bedienen. An zwei gekreuzten Stäben befindet sich je eine Halbkugel. Jeder Wind wird dieses Windrad in dem Sinne antreiben, daß es den Hohlraum der Halbkugel vor sich her treibt. Zählwerke notieren die Umdrehungszahlen oder sie geben in Metern an, wie groß die Wegstrecke des Windes in der Beobachtungszeit gewesen ist. Andere Windrichtungen, die von den horizontalen abweichen, werden nur unvollkommen, vertikale Ströme gar nicht registriert. Aufsteigende Ströme kann man durch ein horizontal gestelltes Schalenkreuz messen (Wolpert. Arch. f. Hyg. LII, 22, 1905).

d) Luftfeuchtigkeit.

Die Luftfeuchtigkeit kann für thermische Verhältnisse in der Außenwelt insofern von Bedeutung werden, als durch sie sehr viele Objekte in ihrem Wassergehalt beeinflußt werden, was auf die Wärmeaufnahme, Wärmeleitung von Bedeutung ist. Vor allem aber hängt von dem Grade der Luftfeuchtigkeit die Möglichkeit und Größe der Wasserverdunstung ab. Die letztere ist eine Aufspeicherung von Wärme durch Veränderung des Aggregatzustandes. Wärme verschwindet als thermometrisch meßbare Größe, bleibt jedoch verlustlos aufgespeichert, solange der Dampf seine Natur beibehält.

Der Dampf ist andererseits auch ein Reservoir, aus dem ohne Erniedrigung der Temperatur, aber unter Kondensation erhebliche Mengen von Wärme gewonnen werden können. In runder Summe bindet 1 kg Wasser 600 kg/kal an Wärme beim Verdunsten. Jeder Luftraum über Wasser, der nicht mit Wasserdampf gesättigt ist, wird diese Sättigung annehmen, die zur Verdunstung nötige Energie wird dem Wärmevorrat des Wassers entnommen und dieses abgekühlt. Diese Verdunstung hängt von der Luftgeschwindigkeit, dem Barometerdruck und der Höhe der Temperatur, bei der sich der Vorgang vollzieht, ab und ist folgendem Ausdruck nach Schierbeck proportional:

$$\lg \frac{B - f}{B - f_1} (1 + \alpha t) \cdot \sqrt{w},$$

worin B der Barometerdruck, f die Wasserdampftension der Luft, f_1 die Tension für die Temperatur eines befeuchteten Thermometers, $(1 + \alpha t)$ die Ausdehnnng der Luft bei der Temperatur t und w die Windstärke bedeutet (Arch. f. Hyg. XXV, 225, 1895). Das Spannungsdefizit, das man so häufig als Maßstab der Verdampfung ansieht, gibt keinen einheitlichen brauchbaren Maßstab.

Die Wärmeproduktion des Menschen.

Zur Erhaltung der Gesundheit und höchsten Leistungsfähigkeit des Menschen ist ein bestimmtes Verhältnis der Wärmeproduktion und der Wärmeabgabe erforderlich. Einen Ausdruck findet das Verhältnis in der Gleicherhaltung unserer Körpertemperatur, doch ist diese einer täglichen Variation unterworfen, freilich in bestimmten engen Grenzen. Wir besitzen zahlreiche Messungen aus tropischen und arktischen Gegenden, welche auch unter den exzeptionellsten Bedingungen das Wärmegleichgewicht beweisen. Ritschie und Lyon haben z. B. solche Messungen in Murzuck in Afrika bei einem wochenlangen Aufenthalt unter Temperaturen der Luft im Schatten von 50—60° (Bodentemperaturen bis 85°) ausgeführt, ohne Störungen der Eigentemperatur. Der Ostsibirier hat keine andere Bluttemperatur, obschon die Wintertemperaturen bis —63° absinken können. Polar- und Tropenbewohner sind gleich temperiert.

Damit ist nicht gesagt, daß sich in beiden Extremen der Mensch unter völlig gleichen sanitären Zuständen der Möglichkeit befände. Den Aufenthalt in manchen tropischen Klimaten erkauft der Mensch häufig nur unter Einbuße von funktionellen Leistungen, in erster Linie unter Einbuße kräftiger Muskelleistungen (s. auch unter Kraftwechsel).

Erhöhungen der Körpertemperatur vorübergehender Art werden auch in unserem Klima beobachtet, so bei starken Muskelleistungen oder bei

Behinderung der Wärmeabgabe unter besonderen Bedingungen (Feuchtigkeit, zu dichte Bekleidung). Steigt die Körpertemperatur, so haben wir von Wärmestauung zu sprechen.

Die in der hygienischen Literatur der letzten Jahre üblich gewordene Verwendung des Ausdrucks Wärmestauung auch für solche Zustände thermischer Unbehaglichkeit, wie sie in hochwarmer oder in feuchter Luft entstehen, geben leicht zu Mißverständnissen Veranlassung.

Echte Wärmestauung ist besonders häufig bei warmer, feuchter Luft und Arbeitsleistung (Wolpert, Arch. f. Hyg. XXXVI, 294, 1899; s. auch Stapff, Du Bois' Arch. 1879, S. 72, Suppl.; H. Reichenbach und B. Heymann, Z. f. Hyg. u. Inf. LVII, 231), letztere beobachteten sie bei Soldaten auf dem Marsche oder bei Caisson- und Bergwerksarbeitern, auch infolge starker Wärmestrahlung bei Heizern, oder in heißen Klimaten während der Verdauungszeit.

Sind Überwärmungen mäßig und vorübergehend, so bringen sie den Erwachsenen keinen Schaden, sie sind wohl viel häufiger als man denkt. Gestaute Wärme steigert wohl den Stoffumsatz, darf aber nicht als Fieber bezeichnet werden. Bei letzterem handelt es sich nebenbei um toxische Einwirkungen. Erhebliche Erhöhungen der Körpertemperatur, die auf eine Reizung der Wärmezentren des Gehirns zurückzuführen sind, werden erstaunlich gut ertragen.

Liegen die Wärmeverhältnisse so, daß die Wärmeabgabe fast ihre normalen Grenzen erreicht hat, so können ohne Steigerung der Eigentemperatur eine Reihe von objektiven Störungen der Gesundheit zum Vorschein kommen.

Erfahrungsgemäß leidet unter solchen Verhältnissen der Appetit und es kommt zum Absinken des Körpergewichts (K. E. Ranke, Über die Einwirkung des Tropenklimas auf den Menschen. Berlin. Hierschwald 1900, Z. f. Biol. XL, S. 289). Mit der Verringerung der Nahrungsaufnahme werden ungünstige Wärmeverhältnisse leichter ertragbar, da zum mindesten die Steigerung der Wärmeproduktion nach der Mahlzeit wegfällt (s. auch Abschnitt Ernährung). Ganz ausgesprochen ist bei vielen Personen im Sommer die Abneigung gegenüber Fleischspeisen, was nach den Wirkungen der Eiweißstoffe auf die Wärmeproduktion ganz begreiflich erscheint.

Es ist wohl möglich, daß diese Erscheinungen der Appetitabnahme, die sich manchmal bis zum Erbrechen steigern können, sich auf die Entblutung des Verdauungstraktus zugunsten der Blutfülle der Haut zurückführen lassen.

Von manchen, namentlich amerikanischen Forschern wurde zuerst die Meinung ausgesprochen (Illoway, Die Ätiologie, Pathologie und Therapie der Sommerdiarrhöen des Kindes. Berlin 1905), daß wirkliche Wärmestauung im Sommer bei Säuglingen häufig sei und zu deren Sommererkrankungen führe. Auch deutsche Ärzte (Meinert, Arch. f. Kinderheilkunde 1906, Bd. 44) haben sich dieser Anschauung angeschlossen. Doch hat man neuerdings zugegeben, daß wirkliche Wärmestauungen selbst bei hoher Temperatur selten sind und bei an sich gesunden Kindern Verdauungsstörungen nicht zur Folge haben brauchen (Kleinschmidt, Monatsschrift für Kinderheilkunde. Dez. 1910).

Vielfach sind diese thermischen Wirkungen bei Erwachsenen und Kindern in unserem Klima bedingt durch die Unzweckmäßigkeit der Bekleidung, ein Umstand, auf den man meist, besonders bei den Säuglingen, zu wenig geachtet hat. Es ist auch möglich, daß bei dem großen Durstgefühle der

letzteren an heißen Tag durch die reichlichere Aufnahme von Milch, die ja das einzige Getränk zu sein pflegt, eine gerade unter diesen Umständen zu starke Belastung des Verdauungskanals herbeigeführt wird.

Daß mitunter, namentlich in geschlossenen Räumen, bei hohen Temperaturen durch die gleichzeitige Ansammlung von Wasserdampf durch die Ausatmung der Menschen Störungen eintreten, ist selbstverständlich, ja C. Flügge will alle als Wirkungen schlechter Luft bezeichneten Erscheinungen nur als thermische Wirkungen ansehen, eine Anschauung, der ich in dieser Allgemeinheit nicht beitreten kann (C. Flügge, Ztschr. f. Hyg. u. Inf. XIL, 385).

Quellen unserer Wärme sind die Lebensprozesse, d. h. die Umsetzungen der Nahrung und der Körperbestandteile. Die hauptsächlichsten Repräsentanten der organischen Nahrungsstoffe liefern folgende Wärmemengen:

1 g Stickstoffsubstanz .	4,1 kg/kal
1 g Fett	9,3 „
1 g Kohlehydrat . . .	4,1 „

Die von dem Menschen erzeugte Wärme läßt sich aus der Feststellung der Kost berechnen (unter Abzug eines wechselnden Verlustes von Energie mit dem Kote = 6—8 Proz. der Zufuhr). Berechnungen dieser Art stimmen etwa bis auf ± 1 Proz. mit der direkten Messung des Energieinhalts der Kost überein (Rubner, Zeitschr. f. Biol. XLII, 286).

Der Verbrauch an Energie beträgt pro 24 Stunden:

beim Säugling	368	kg/kal
Kind von $2^1/_2$ Jahren	966	„
Erwachsener, ruhend	2303	„
Erwachsener, bei mittlerer Arbeit .	2843	„
Erwachsener, bei schwerer Arbeit .	3361	„
im Alter	2152	„

Der Energieverbrauch ist dem größten Wechsel unterworfen; näheres siehe im Abschnitt Ernährung.

Die gesamte Energie verläßt den Körper nicht als Wärme, sondern im Organismus entsteht neben der Wärme auch noch mechanische Arbeit, die geeignetenfalls als äußere Arbeit erscheint. Mit jeder Arbeitsleistung ist Wärmeproduktion verbunden, da im Durchschnitt und von besonderen Fällen abgesehen die Energie unserer Nahrungsstoffe nur bis $^1/_4$ ihres Wertes in mechanische Arbeit übergeführt werden kann. Bewegungen, welche keine äußere Arbeit hinterlassen, etwa Bewegungen einzelner Körperteile, deren Schlußstellung mit der Anfangsstellung identisch ist, liefern als Schlußeffekt nur Wärme.

Eine Wärmesteigerung beschränkten Grades bedingt in den meisten Fällen die Nahrungsaufnahme, oft nur wenige Prozent Zuwachs, im Durchschnitt bei gemischter Kost etwa 7—8 Proz. mehr als bei Hunger; gewaltig ist die Steigerung nur nach reichlich reiner Eiweißzufuhr, ein beim Menschen seltenes Vorkommnis.

Das Wärmegleichgewicht kann nur erhalten bleiben durch eine Einrichtung, die man Wärmeregulation nennt (s. Abschnitt Ernährung S. 52). Die chemische Regulation, die Mehrung der Wärmebildung bei der Kälte wird beim Menschen meist paralysiert durch Kleidung und Wohnung, die physikalische Regulation tritt dafür um so ausgedehnter in die Erscheinung.

Beim völlig Nackten beginnt etwa von 25° abwärts die Grenze der chemischen Regulation, beim Bekleideten ist sie unter Umständen trotz der niedrigsten Umgebungstemperaturen geradezu ganz ausgeschaltet. Die geordnete Wärmeregulation kann schließlich in eine gewaltsame übergehen, Frieren unter Zittern, Drang zur kräftigen Muskelbewegung. Versagen diese Mittel, so erfolgt der Tod durch Erfrieren.

Im Gebiete der physikalischen Regulation erfolgt im allgemeinen keine Änderung des Stoffwechsels, nur wendet der Körper verschiedene Mittel an, seine Wärme los zu werden. Die willkürlichen sind das Ablegen von Kleidungsstücken, die Körperruhe, ausgestreckte Lage. Lang anhaltende hohe Temperatur vermindert den Appetit, die Wahl der Nahrungsmittel (Vermeiden von viel Eiweiß) kann gleichfalls als ein solcher Ausweg betrachtet werden (s. o.).

Die physiologischen Vorgänge im Gebiete der Haut sind Änderungen der Blutzirkulation und Änderung der Wasserverdunstung. Bei niederen Temperaturen besorgt die Blutzirkulation trotz vermehrter Wärmeerzeugung für sich allein die Beseitigung jedes Wärmeüberschusses.

Bei mittlerer und hoher Temperatur ist der Blutreichtum der Haut stets reichlicher als bei niedriger Temperatur, vor allem werden die Venennetze stark gefüllt, aber nebenbei bereits auch die Wasserverdunstung gesteigert. Blutzirkulation und Wasserverdunstung müssen sich vielfach gegenseitig ergänzen. Jede Behinderung der Wasserverdunstung stellt erhöhte Ansprüche an die Blutzirkulation.

Fallen Wärmesteigerung durch Nahrungszufuhr und Wärmemehrung durch Arbeit zusammen, so summieren sich ihre Wirkungen und die Ansprüche an die Funktionen der Wärmeregulation. Arbeit bei N-armer Kost und hoher Temperatur ist also leichter als Eiweißkost und Arbeit zu ertragen. (Rubner, Sitzungsber. d. preuß. Akad. d. Wissensch. 1910, XVI.)

Die Fähigkeit der Wärmeregulation hängt mit dem allgemeinen Ernährungszustand zusammen. Blutarmut mindert natürlich die Möglichkeit des Wärmeverlustes durch Durchblutung der Haut. Fettreichtum hindert den Wärmeabfluß aus den tieferen Venennetzen der Haut. Die dünne Haut des Kindes ist, gleichen Fettgehalt vorausgesetzt, günstiger für die Entwärmung als die dickere des Erwachsenen; in der Jugend sind die Gefäße leichter dehnbar und für Blutverschiebungen geeigneter als im Alter, wo Arteriosklerose die Gefäßwandungen starr macht. Im Alter ist wegen des Mangels der Blutzufuhr zur Haut die Einwirkung der Kälte weit intensiver und das Wärmebedürfnis größer als in der Jugend.

Die Wege des Wärmeverlustes.

Die Wärmeempfindung wird beim Menschen von der äußeren Haut oder auch von dem Respirationstraktus, der Nasenhöhle und den oberen Partien der Luftröhre ausgelöst; sie ist zurückzuführen auf mehrere thermische Einflüsse (Strahlung oder Leitung) und auf die Wasserverdunstung des Körpers, also bedingt durch den Effekt kalorimetrischer Rückwirkung der genannten Einflüsse auf die Haut. Im allgemeinen ist die Beteiligung der Schleimhäute bei der Wärmeempfindung, soweit thermometrische Veränderungen in Betracht kommen, nur bei sehr niedriger Lufttemperatur von Belang. Dagegen macht sich die Verdunstung bei allen Temperaturen

geltend und hohe Trockenheitsgrade werden gerade bei hohen Temperaturen als eine Erleichterung der Atmung empfunden.

Wärmeverluste kommen zustande bei der Erwärmung kühl eingeführter Speisen oder Getränke, Energieverluste bei der Leistung äußerer Arbeit.

Die drei Hauptformen, in denen die Wärme den Körper verläßt, sind die Strahlung, die Leitung und die Wasserverdunstung. Die Art der Verluste hängt zum Teil von der Körperlage und der Berührung mit anderen Objekten ab. In zusammengekauerter Stellung wird weniger Wärme überhaupt abgegeben als bei freier aufrechter Haltung. In letzterem Falle findet eine Berührung mit anderen festen Körpern nur durch die Fußsohle statt, indem an diesen Berührungsflächen Wärme direkt durch Leitung abströmt oder zufließt. Beim Sitzen ist eine größere Fläche des Körpers zur Wärmeabgabe durch direkten Kontakt verfügbar, noch mehr beim Liegen oder im Bade, wo fast die ganze Haut in Berührung mit dem Wasser tritt. In aufrechter Stellung wird bei leichter Bekleidung in ruhender Luft und bei mittlerer Temperatur der Energieverlust sich für den Erwachsenen in folgender Weise nach den Untersuchungen des Verfassers gestalten:

	Absolut in kg/kal	In Prozenten des Gesamtenergieverlustes
Durch Atmung	35	1,29
Durch Arbeit	51	1,89
Erwärmung der Kost . .	42	1,55
Wasserverdunstung . . .	558	20,67
Leitung	833	30,85
Strahlung	1181	43,75
	2700 kg/kal	99,97

Die häufig zitierten Versuche von Masje (Virchows Archiv CVII, 70) und die von Stewart (Refer. im Centralbl. d. Physiologie 1891, S. 275) können zur Berechnung des Wärmeverlustes nicht benutzt werden, da sie teils mit Fehlern behaftet, teils unter Bedingungen angestellt sind, welche eine exakte Wärmeberechnung nicht erlauben (Rubner, Arch. f. Hyg. XXVII, 77, 1896).

Die Hauptwege des Verlustes, Strahlung, Leitung und Wasserverdunstung können sich untereinander mehr oder minder kompensieren. Wind kann den Wärmeverlust durch Leitung erhöhen, Strahlung und Verdampfung zugleich vermindern. Die Wasserverdunstung kann durch feuchte Luft fast völlig bei mittleren Temperaturen unterdrückt werden, worauf der Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung zunimmt. Durch einen Aufenthalt in hochtemperierten Räumen kann man Strahlung und Leitung völlig unterdrücken, wofür als Äquivalent die Erhöhung der Wasserverdunstung zustande kommt. Nicht kompensierbar wird nur die Unterdrückung der Wasserverdunstung bei höheren Temperaturen, weil diese starke Verdunstung selbst bereits einen Kompensationsakt darstellt und einen Ausgleich für den durch hohe Temperatur eingeschränkten Leitungs- und Strahlungsverlust bildet. Ein Versuch der Unterdrückung der Wasserverdunstung durch hohe Luftfeuchtigkeit führt immer nur zu einer profusen Überschwemmung der Haut mit Wasser und zur Hyperthermie.

Inkompensierbar sind in der Regel jene Fälle, bei denen auf Grund einer funktionellen Mehrproduktion an Wärme die Wasserverdunstung gesteigert worden war (z. B. bei Arbeitsleistung, Wärmesteigerung durch Nahrungsaufnahme).

Wirkungen der Wärme und Wärmeempfindungen.

Nicht alle Formen der Wärmeabgabe sind gleichbedeutend für das Wohlbefinden des Menschen. Im allgemeinen ist jede starke Inanspruchnahme der Wasserverdunstung etwas minder zweckmäßiges als der Wärmeverlust bei mäßiger Verdunstung unter starker Beteiligung der Leitung und Strahlung am Verlust; denn dabei wird die Haut trocken bleiben und die Schweißdrüsen brauchen eine nennenswerte Leistung nicht zu vollziehen. der Körper verfügt dann noch über mächtige Reserven zur Entwärmung.

Starke Wasserverdunstung in trockener hochwarmer Luft ist auch ein erträglicher Zustand, aber doch weniger befriedigend, weil meist die Windbewegung unter diesen Verhältnissen mit an der Verdunstung beteiligt sein wird und der Wind ein sehr variabler Faktor des Klimas zu sein pflegt. Die dauernde Überfüllung der Hautgefäße mit Blut führt allmählich zu fahler Hautfarbe, die besonders dann sich ausprägt, wenn statt der freien leichten Verdunstung eine Bildung flüssigen Schweißes gegeben ist. Die dauernde Anwesenheit reichlicher Blutmengen im Unterhautzellgewebe führt zu einem Blutmangel innerer Organe und Ernährungsstörungen und Schlaflosigkeit.

Die genauere Präzisierung der normalen Lebensbedingungen erfordert noch ein kurzes Eingehen auf die verschiedenen Faktoren, welche die Wärmeabgabe auf einzelnen Wegen beeinflußt.

Strahlende Wärme wird im allgemeinen als eine recht wirksame und in den richtigen Grenzen gehalten, als eine sehr behagliche Form der Wärmezufuhr empfunden, wohl deshalb, weil sie sofort tiefer in das Gewebe eindringt als die Wärmeübertragung durch warme Luft. Die gestrahlte Wärme wird meist einseitig zugeführt, wie durch die Sonne oder Lokalheizkörper. Die „Schattenseite" bleibt von ihrem Einflusse frei, doch kommen selbstverständlich in geschlossenen Räumen oder bei Menschenansammlung auch allseitige Bestrahlungen vor; für den Wärmeverlust sind allseitige Ausstrahlungen die Regel.

Die strahlende Wärme ist in klimatischer Hinsicht von größter Bedeutung, denn die üblichen Angaben der Schattentemperaturen treffen die thermischen Eigentümlichkeiten nur ganz unvollkommen. Leider sind. wie schon gesagt, die Messungen der strahlenden Wärme der Sonne mittels Vakuumthermometer nicht allgemein vergleichbar. Verfasser hat für ein von ihm benutztes Instrument gefunden, daß sich die Wirkung der Wärmestrahlung einer Sonnenstrahlung rechnerisch ausdrücken ließ, wenn zu der Schattentemperatur der halbe Temperaturüberschuß des Sonnenthermometers über erstere addiert wurde. 10^0 Schattentemperatur und 40^0 Sonnentemperatur wirkten auf den Organismus ebenso wie $10 + \frac{30}{2} = 25^0$ Schattentemperatur. Man begreift daher, wie wichtig es ist, die strahlende Wärme mit zu berücksichtigen (Rubner, Arch. f. Hyg. XX, 309, 1894).

Bei der Bestrahlung findet eine merkbare Zunahme der Hauttemperatur statt. Eine eben fühlbare Bestrahlung drückt sich in einer

Wärmezunahme von 0,9° aus, als warm bezeichnet man ein Plus von 1,2 bis 1,5°, als störende Hitze ein Mehr von 2,8—3°.

Bei forcierten Versuchen kann man an der Gesichtshaut 6—7° Temperaturerhöhung ertragen, wobei aber die Hauttemperatur die Bluttemperatur des Körpers noch nicht überschreitet (Rubner, Arch. f. Hyg. XXIII, 87, 1895).

Die Besonnung ändert beim Menschen bei mittleren Wärmegraden der Umgebung den Gaswechsel nicht, wohl aber steigt durch sie die Wasserdampfabgabe (Wolpert, Arch. f. Hyg. XLIV, 322, 1902 und ibid. XLVIII, 113, 1904).

Des Nachts kommt die Ausstrahlung in Betracht. Der Wärmeverlust ist aber meist nicht so mächtig wie der Wärmeeinstrom des Tages, obschon der Körper dabei nach allen Richtungen Wärme abgibt.

Über die Einwirkung der strahlenden Wärme auf die Haut sind wir hinsichtlich der Gefühlsempfindungen und der Reizschwelle ziemlich genau unterrichtet (Rubner, Die strahlende Wärme irdischer Lichtquellen usw. Arch. f. Hyg. XXIII, 126). Stammt die strahlende Wärme von dunklen Wärmequellen, so liegt die Reizschwelle (bei 17—18°) bei 0,035 g/kal pro 1 Minute und 1 Quadratzentimeter (der Gesichtshaut). Sie ist bei hoher Lufttemperatur etwas niedriger (0,0231 g/kal).

Zwischen dunklen Wärmequellen und leuchtenden, wie die Sonne, ist aber ein sehr wesentlicher Unterschied der Empfindung. 0,0898 g/kal Bestrahlung pro 1 Quadratzentimeter und 1 Minute nennt man bei mittlerer Lufttemperatur schon Hitzegefühl und 0,3738 g/kal empfinden wir als unerträglich heiß. Der Aufenthalt bei Sonnenschein müßte uns vielfach quälend und belästigend sein, wenn diese Schwellenwerte auch für das Sonnenlicht gelten würden, denn noch im September kommen Strahlungswerte der Sonne von 1,00 g/kal pro 1 Minute und 1 Quadratzentimeter zur Beobachtung und selbst zur Zeit des Wintersolstitiums findet man an klaren Tagen noch 0,595 g/kal.

Verfasser hat gefunden, daß 0,554—0,743 g/kal leuchtende Wärme bei 22—23° Lufttemperatur noch nicht einmal als Schwellenwerte der Wärmeempfindung gelten dürfen; offenbar werden diese Lichtstrahlen in der Haut nicht so leicht absorbiert als die dunkle Strahlung und dringen tiefer in das Gewebe ein, verteilen also ihre Wärme auf mehr Organmasse.

Wir verstehen nun auch den Unterschied, der zwischen der direkten Sonnenstrahlung und der gespiegelten und vor allem der von heißen Wänden, Felsen usw. ausgehenden Wärme besteht. Letztere wird leicht eine unangenehme Belästigung erzeugen, die leuchtende Strahlung aber gut ertragen. Die leuchtenden Strahlen dringen gewiß weiter ein als die Zone der wärmeempfindenden Endorgane liegt, der Körper erwärmt sich in tieferer Schicht, ehe es zur Reaktion der Gefäße kommt. Dies gilt vor allem für die unbedeckten Teile. Auch künstliche Wärmequellen, wie das Kaminfeuer, werden ähnlich in die Tiefe wirken.

Die Strahlung ist in ihrer Qualität verschieden, vor allem aber ein gefährlicher Hautreiz mit konsekutiver Hautentzündung, wenn das ultraviolette Licht sehr reichlich vertreten ist.

Die sogenannte Schattentemperatur betrifft die Wärmewirkung der Luft selbst; diese ist aber ohne gleichzeitige Einwirkung von Strahlung undenkbar, denn alle uns umgebenden Körper beeinflussen ja die Ausstrahlung oder bedingen eine Einstrahlung. Sie wird also immer nur im Zusammen-

hang mit der Strahlung beobachtet, die reinere Wirkung der Lufttemperatur prägt sich isoliert bei der Luftbewegung aus, auf die wir noch zu sprechen kommen.

Strahlung und Lufttemperatur sind Einflüsse, von denen jeder eine Vermehrung der Wärmeabgabe in dem Maße herbeiführen kann, daß dadurch sogar eine Steigerung des Stoffwechsels (bei niederen Temperaturen) zu erzielen ist.

Schon von mittleren Temperaturen ab ist die Feuchtigkeit der Luft ein Faktor, der außerordentlich auf die Empfindungssphäre einwirkt, die körperliche Leistungsfähigkeit begrenzt und zu Überwärmungen führen kann, zumal wenn die Wärmeproduktion auf den üblichen Wegen (Arbeitsleistung) erhöht ist. Feuchte Luft ist ein besserer Wärmeleiter als trockene Luft, allein diese Eigenschaft spricht sich gegenüber der der Verdunstung beschleunigenden oder mindernden Wirkung nur wenig aus. Beim Nackten wie beim Bekleideten machen sich die Wirkungen der relativen Feuchtigkeit geltend, sie sind aber doppelsinnig, bei niederen Temperaturen Kälteempfindung steigernd, bei höheren die Wärmeempfindung steigernd. Bei niederen Temperaturen werden die Wirkungen nur dann beobachtet, wenn die Kälteeinwirkung stark oder die relative Feuchtigkeit sehr hoch ist. Mäßige Feuchtigkeitsgrade kommen für die Empfindungen des Bekleideten gewöhnlich nicht in Betracht. Da die Wärme der Kleidung die Luft relativ trocken macht, so kommen wesentlich nur Veränderungen der warmhaltenden Wirkung der äußeren Schichten der Kleidung, also vermehrtes Kältegefühl in die Erscheinung. Schon bei 18—20° kann aber die Feuchtigkeit von 90—100 Proz. auch für den Körper sehr fühlbar werden durch ein unangenehmes Gefühl der Bangigkeit, Beklemmung, Unlust zu körperlicher Bewegung, auch zu geistiger Anspannung. Diese Gefühle steigern sich bei 24° und 60 Proz. unter Auftreten sichtbaren Schweißes bei geringfügigen Bewegungen und dann zunehmend bei höherer Temperatur und selbst noch geringeren Feuchtigkeitsgraden. Das Schwitzen bedingt meist sofort eine gewisse Erleichterung des störenden Wärmegefühls, die vorher höher erwärmte Haut sinkt auf die Temperatur von 35°.

Da in eben demselben Maße wie bei **mittleren** Temperaturen die Verdunstung gehemmt wird, auf dem anderen Wege, der Blutzufuhr zur Haut, also durch Temperatursteigerung das Wärmegleichgewicht erhalten wird, so findet man es begreiflich, daß feuchte Luft als wärmer empfunden werden muß wie trockene, weil zum mindesten für die Behinderung der Wärmeverdunstung aus der Lunge eine thermisch äquivalente Verschiebung von Blut nach der Haut eintreten muß. Doch ist das Hautgefühl bei feuchter Luft keineswegs nur ein gesteigertes Wärmegefühl, sondern die **Schwüle** der Luft ist ein **besonderer Eindruck der Empfindung**, für deren Zustandekommen der erschwerte Wasserverlust aus den Schweißdrüsen, also Schweißstauung, von Bedeutung sein könnte; bei schneller Verdunstung in trockener Luft brauchen solche Gefühle trotz starker Tätigkeit der Schweißdrüsen nicht zu entstehen, da in diesem Falle der Schweiß leicht austreten wird.

Zu den thermischen Gefühlen unbehaglicher Art gehört eine starke Sekretion nässenden Schweißes, nicht etwa nur wegen der Wasserbenetzung der Haut, sondern als Ausdruck der sekretorischen Tätigkeit der Drüsen überhaupt.

Die **Schwüle** ist unter allen Umständen, selbst dann, wenn nur eine

Unterdrückung der Wasserverdunstung ohne Schweißbildung zustande kommt, insofern eine komplexe Erscheinung, als auch auf dem Wege der Respiration Empfindungen ausgelöst werden, besonders bei hohen Temperaturen. Die Kühlung der Luft in den Atemwegen wird in feuchter Luft eingeschränkt, trockene Luft vermindert und vertieft die Atemzüge, feuchte Luft erhöht die Zahl und verflacht sie, ein Vorkommnis, das freilich nur als eine sehr rudimentäre Polypnoe aufgefaßt werden kann.

Die relative Feuchtigkeit ist ein besonderer Wärmefaktor für sich, sie übt innerhalb eines genauer untersuchten thermischen Intervalles keinen Einfluß auf die Wärmeproduktion. Nur bei sehr niedrigen Temperaturen dürfte ein solcher Einfluß bestehen, er hat sich aber bisher nicht experimentell bei Menschen und bei Tieren nachweisen lassen (Rubner, Arch. f. Hyg. XVI, 101, 1893; XI, 255, 1890; ibid. S. 243).

Bei hohen Temperaturen nimmt zugleich mit dem Steigen der Körpertemperatur bei hoher Feuchtigkeit auch der Stoffwechsel, d. h. die Wärmeproduktion zu, was die Gefahr der Überwärmung steigert (Rubner, Arch. f. Hyg. XXXVIII, 120, 1900; ibid. S. 148; Wolpert, ibid. XXXIII, 206, 1898; XXXVI, 295, 1899).

Der Wind hat einen Einfluß auf den Wärmeverlust durch Leitung, denn er führt größere oder geringere Massen von Luft zur Berührung mit der Haut. Die Rückwirkungen auf den Körper sind aber ziemlich verwickelte, im übrigen experimentell voll geklärte.

Wind bei niedrigen Temperaturen steigert die Wärmebildung auf dem Wege der chemischen Wärmeregulation, bei mittleren und hohen Temperaturen läßt er aber den Stoffwechsel unberührt (s. unter Ernährung). (Wolpert, XLIII, 21, 1902; XXXIII, 206, 1898; Rubner, ibid. L, 296, 1904.)

Die Wasserdampfabgabe hat bei 27° und Wind ein Minimum, nimmt aber bei niedrigen Temperaturen nur langsam zu, ist bei 18—20° etwa um 5 Proz. höher als bei Windstille; bei 20—35° ist sie allemal geringer als bei ruhender Luft, bis um die Hälfte oder ein Drittel vermindert. Von 36° ab wird die Wasserverdunstung stark bis auf das Doppelte des Wertes bei Windstille gesteigert. Der Wind wirkt nie direkt in physikalischer Weise auf die Verdunstung ein, sondern stets auf dem Umwege der Änderung der Wärmeregulation. Bei kühlem Wind sinkt auch die Wasserverdunstung, weil die Verluste durch die Wärmeleitung bedeutender werden. 35° ist etwa ein Indifferenzpunkt; führt der Wind dem Körper Wärme zu, so steigt die Verdunstung. Der Wind rückt aber auch unter diesen Umständen die Grenze, wo fühlbarer und sichtbarer Schweiß auftritt, bedeutend in die Höhe.

Schon ein Wind unter 1 m Geschwindigkeit pro 1 Sekunde äußert deutliche Wirkungen, ja selbst völlig insensible Bewegungen machen sich als abkühlende Einflüsse geltend. Die Reizschwelle der Haut für Wind liegt also höher als die Wirksamkeit der Windströmungen in thermischer Hinsicht, der Wind kann sowohl auf die Tastorgane als auch auf die thermischen Endorgane wirken. Die unmittelbaren Wirkungen des Windes sind Tastreize, die thermischen machen sich erst nach längerer Einwirkung geltend und können in der Zeiteinheit so geringe Veränderung bedingen, daß die thermischen Organe lange Zeit unerregt bleiben. Die Wirkung der Winde steigt nicht proportional ihrer Geschwindigkeit, sondern weit langsamer. Durch lebhafte Winde wird die Atmung beschleunigt.

Absolut ruhende Luft findet sich im Freien niemals, auch in bewohnten Räumen sind schwache Strömungen jederzeit vorhanden. Die Wärme des Körpers an sich bedingt durch die Erwärmung der Luft einen ständigen Auftrieb der letzteren.

Die Herabsetzung der Hauttemperatur durch Wind ist beim Nackten eine sehr bedeutende, natürlich um so größer, je niedriger die Luft temperiert ist, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht.

Temperatur der Luft . . .	18,1	20,7	23,5	27,5	34,0
Temperatur der Haut vorher	29,5	30,2	31,6	33,5	34,6
Temperatur nach der Windwirkung	22,1	24,7	25,1	31,0	34,0
Differenz	7,4	5,5	6,5	2,5	0,6

(Kißkalt, Arch. f. Hyg. LXX, 38, 1909).

Der Wind hat eine Einwirkung auf die Atemgröße, aber nur dann, wenn er die Wärme- oder Kälteempfindung anregt; in beiden Fällen tritt eine Zunahme des Atemvolumens ein (Wolpert, Arch. f. Hyg. XLIII, 21, 1902).

Die vulgären Empfindungen „kalt", „warm" sind also die Resultante verschiedener Faktoren auf die Haut; die gleiche Empfindung entspricht verschiedenen Wirkungen der Strahlung, Leitung, Verdunstung, wie sie eben geschildert wurden. Unterschieden wird schwül, aber nur innerhalb bestimmter Bezirke der Temperatur und Feuchtigkeit.

Die Versuche, alle Faktoren, welche auf die Temperaturempfindung wirken, in eine Formel zusammenzufassen und einen einheitlichen Ausdruck zu finden in der Hauttemperatur, die dieser Summe aller Faktoren entspricht, wie dies Vincent zuerst getan hat und es in neuerer Zeit wieder versucht wird, müssen resultatlos sein, da die Hauttemperatur nicht allein in Frage kommt, da ferner einzelne Faktoren (Feuchtigkeit, Wind) bei verschiedenen Temperaturen einen ganz verschiedenen Wert annehmen, bald wärmesteigernd, bald wärmemindernd, und die Wärmeproduktion des Körpers aus verschiedenen Ursachen eine ganz verschiedene sein kann.

Innerhalb gewisser Temperatur- und Feuchtigkeitsgrenzen besteht Wohlbefinden. Diese Grenzen sind durch Gewöhnung verschiebbar; eine Verschiebung nach oben nennt man „Verweichlichung", doch kommen auch Fälle vor, in denen aus beruflichen Gründen eine Gewöhnung an sehr hohe Temperaturen und Wärmezustände eintritt, man könnte sonach gleicherweise von einer „Kälte"- und „Hitze"abhärtung reden, je nachdem eine Verschiebung über oder unter die Grenzen der mittleren Behaglichkeit hinaus stattgefunden hat.

Bei mittlerer Bekleidung, Windstille und trockener Luft kann ein thermisches Behaglichkeitsgefühl erreicht werden, zumeist nahe an 20°. Aber noch Temperaturen von 40° werden bei Trockenheit sehr leicht ertragen, nur dabei besteht etwas Neigung zu Schlaf durch die Blutfülle der Haut.

Die Kleidung.

Von

M. Rubner in Berlin.

Die Kleidung.

Die Eigenschaften der Bekleidungsstoffe.

Die menschliche Bekleidung, ein Ersatz des Haar- oder Federkleides der Tiere, besteht aus verschiedenen Grundstoffen, deren mikroskopisches Bild ein sehr mannigfaltiges ist. Man kann die Fasern freilich nicht immer unmittelbar der mikroskopischen Untersuchung unterziehen, weil ihre Struktur bei den fertigen Geweben durch Farben und anderweitige Zutaten mehr oder minder verdeckt sein kann. Manche von diesen letzteren, wie die Appretur, lassen sich durch Auswaschen mit heißem Wasser, manche durch Alkohol ausziehen, aber recht häufig widersteht die Farbe namentlich den nicht allzusehr eingreifenden Lösungsmitteln.

Die häufigst vorkommenden Fasern der Gespinste sind folgende:

Die Leinenfaser. Sie zeigt unter dem Mikroskop eine walzenförmige, nie glatte, nicht oder nur wenig hin- und hergebogene Gestalt und enthält der Länge nach einen engen Kanal. In kleineren oder größeren Zwischenräumen bemerkt man schräg oder schief über die Faser laufende Linien, die Porenkanäle, in Form verdünnter Stellen der Bastzelle (Fig. 88 L). Ihre durchschnittliche Breite ist 12—26 Mikren.

Die Hanffaser ist ungleich starrer wie Leinen (Flachs), der Hohlraum weiter, die Wände dicker. Das Ende ist häufig gegabelt (Fig. 88 H).

Die Chinagrasfaser (Jute), mehr bandförmig, hat wie die Leinen-



Fig. 88.

faser schief gestellte Porenkanäle, breitere Innenhöhle, sie ist holzig und stark (Fig. 88 J).

Die Baumwollfaser (Fig. 88 B) besteht aus kurzen Bändern, 12—42 Mikren im Durchmesser, bei 0,05—0,017 Dicke des Hohlendes. Gewöhnlich sind die Enden abgerissen, unregelmäßig; sie erscheint, befeuchtet, unter dem Mikroskop gekräuselt, auch korkzieherartig. An einzelnen Stellen verbreitert sie sich, und diese sind dann nicht selten in schrägen Linien quer über die Achse der Faser gestreift.

Die Seidenfaser ist die dünnste aller Fasern (8—24 Mikren im Durchmesser), scheint vollkommen glatt, ohne Innenhöhle (Fig. 88 S).

Die Wollfaser stammt von Tierhaaren; sie ist zylindrisch und bedeckt mit kleinen, dachziegelartig übereinander liegenden Zellen. Die oberen Ränder der einzelnen Schuppen stehen nach außen, während die unteren der Achse des Haares zu mit dem inneren markigen Teile in Berührung sind. Das Wollhaar läßt sich also mit einem Tannenzapfen vergleichen (Fig. 88 W). Das Wollhaar ist von verschiedener Dicke. Die Elektoralwolle (Fig. 88 E), Schafwolle von guten Rassen, ist nur $^1/_4$—$^1/_3$ so dick wie andere. Die Alpakawolle (Fig. 88 A) stammt von einer Lamaart.

Wo man mikroskopisch das Grundmaterial nicht feststellen kann, läßt sich auf chemischem Wege die Natur der Substanz wenigstens zu einer allgemeinen Klassifikation feststellen. So lösen sich Wolle und Seide in 10proz. Kalilauge leicht auf, besonders beim Erwärmen, und diese Lösung enthält bei Wolle reichlich Schwefelalkali, das mit Nitroprussidnatrium erkannt werden kann, während Seide diese Reaktion nicht gibt. Seide wie Wolle färben sich in Pikrinsäure echtgelb, sie verlieren beim Waschen mit Wasser die Farbe nicht, wohl aber geben die vegetabilischen Fasern die gelbe Färbung wieder ab. Die Seide löst sich in konzentrierter Chlorzinklösung auf (1000 g Chlorzink und 40 g Zinkoxyd in 850 Wasser).

Außer dem natürlichen Grundmaterial der Kleidung kommen neuerdings auch künstlich hergestellte Fasern, besonders künstliche Seide, wenigstens als Beimischung vor.

Der von dem Seidenspinner gelieferte Seidenfaden besteht aus dem Fibroin und Serizin; letzteres wird bei der Behandlung mit Wasser oder Seifenlösung ausgezogen, so daß im fertigen Produkt nur das Fibroin übriggeblieben ist.

Im Jahre 1884 hat Comte Chardonnet Nitrozellulose in Äther gelöst (Kollodium), aus Öffnungen von $^8/_{100}$ Millimeter bei 40—50 Atmosphären Druck gepreßt und so sehr feine Fäden erhalten, die nachträglich wegen ihrer Feuergefährlichkeit teilweise denitriert werden müssen; dies geschieht meist mit Schwefelammonium oder anderen Reduktionsmitteln. Künstliche Seide hinterläßt beim Verbrennen eine weiße Asche, der Naturfaden gibt eine blasige Kohle. In seinen färberischen Eigenschaften steht die Kunstseide der Pflanzenfaser nahe, unterscheidet sich also von echter Seide.

Haften den Pflanzenfasern noch verholzte ligninhaltige Zellen an, so färben sie sich, mit Anilinöl in Schwefelsäure (25 Proz.) gelöst, sofort braun. Alles pflanzliche Material gibt die Molischsche Reaktion, d. h. färbt sich rot, wenn man zu kleinen Stückchen Substanz zwei Tropfen einer gesättigten wässerigen Thymollösung und 2 ccm konzentrierte Schwefelsäure zugibt.

Leinenfasern sind gegen starke Säuren widerstandsfähiger als Baum-

wollfasern. Nach Kindl taucht man gut ausgewaschene Gewebsstücke, die wieder getrocknet worden sind, $^1/_2$—2 Minuten in englische Schwefelsäure, spült gut aus unter Reiben mit den Fingern und legt das Präparat in verdünntes Ammoniak und trocknet wieder; es hinterbleibt nur die Leinenfaser, während sich die Baumwollfäden aufgelöst haben.

Dort wo bei Wolle der Farbstoff die Ausführung der Nitroprussidnatriumreaktion hindert, schmilzt man mit Soda-Salpetergemisch und prüft dann auf die Anwesenheit von Schwefelsäure, es muß aber vorher das Gewebe durch heißes Wasser von etwa vorhandenen Sulfaten gereinigt werden.

Bei der Herstellung der Gewebe werden die Fäden in sehr verschiedener Weise geordnet und verwebt.

Die gewöhnlichste Form der Herstellung von Stoffen ist die Weberei; sie bedient sich der rechtwinkelig kreuzenden Fasern, der Faden in der Längsrichtung des Stoffes heißt die Kette, der in der Breite laufende der Schuß (oder Einschlag). Bei gemischten Geweben ist meist Schuß und

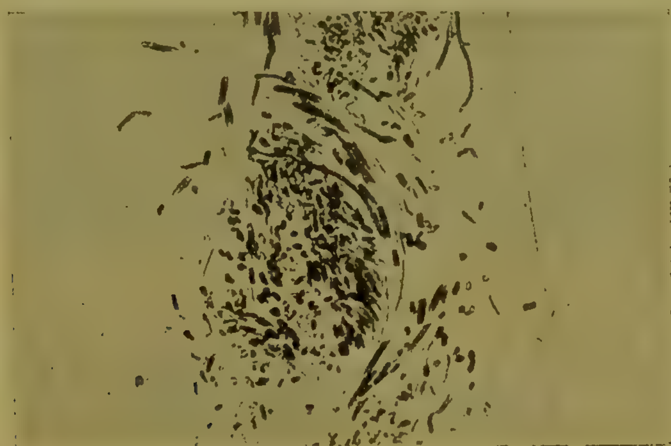


Fig. 89.

Kette aus verschiedenem Material, es kommt aber auch vor, daß die Fäden selbst aus verschiedenem Grundmaterial sind.

Bei Wollmaterial nennt man die aus Kette und Einschlag hergestellten Gewebe Loden; durch das Walken werden die Härchen von Kette und Einschlag so verfilzt, daß sie sich nicht mehr trennen lassen; es geschieht das Walken meist durch ein Walzwerk. Schließlich werden die über der Oberfläche unregelmäßig vorstehenden Wollhärchen für die Tuchbereitung geschoren. Das für die Fäden verwendete Material ist das Streichgarn (kurze Wolle).

Die Kammwolle (lange Wolle) ist das Material zur Herstellung des Kammgarnes, einem festeren Faden, der bestimmt ist, in seiner ursprünglichen Form in den Bestand des Gewebes einzutreten. Die Oberfläche bleibt rauh. Die heutige Oberkleidung des Mannes besteht meist aus Kammgarnstoff, während das Tuch vom Verbrauch zurückgedrängt ist.

Die zweite von der vorstehenden wesentlich verschiedene Form der Gewebeherstellung ist die Wirkerei. Sie verwendet Fadenverschlingungen in der Form der Maschen, was den Stoffen eine viel größere Dehnbarkeit gibt, als die Weberei es vermag. In die Gruppe dieser Gewebe gehören die gestrickten Stoffe (Strümpfe usw.) und die mannigfachen kurzweg als Trikot bezeichneten Stoffe.

Für die hygienische Betrachtung kommt vor allem der Aufbau der

Gewebe in Betracht, wie man ihn am besten an mikroskopischen Durchschnitten studieren kann, die Gewebe müssen hierzu erst besonders präpariert werden (s. bei Rubner, Arch. f. Hyg., Bd. 23, S. 1).

Einige Beispiele werden den Aufbau der Kleidung genügend erläutern. Fig. 89 gibt einen Wollstoff im Durchschnitt, die Haare sind zum Teil quer durchtrennt, zum Teil liegen sie parallel zur Schnittführung. Die Luft ist reichlich im Gewebe vorhanden und jeder Faden selbst enthält zahlreiche Lücken. Ganz ähnlich ist es bei dem Wolltrikot (Fig. 90), der Unterschied des Wollstoffes (Weberei) und des Trikots (Wirkerei) tritt klar zu-

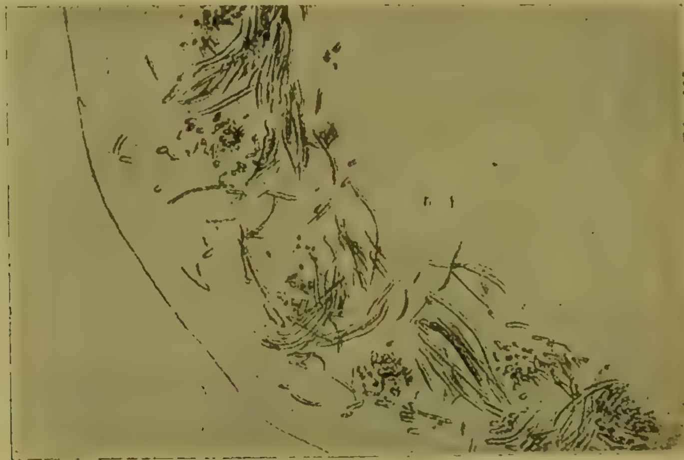


Fig. 90.

tage, die Richtung der Fasern der letzteren ist eine sehr mannigfaltige, was sich aus der kreisförmigen Anordnung der Schlingen von selbst versteht.

In einem gewissen Gegensatz hierzu stehen die festen gewebten Stoffe, für welche wir einen Leinen- und Seidenstoff als Beispiel wählen (Fig. 91, 92).

Trotz der doppelt so starken Vergrößerung sind die Zwischenräume im

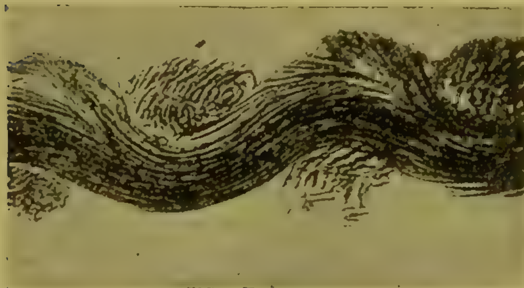


Fig. 91.

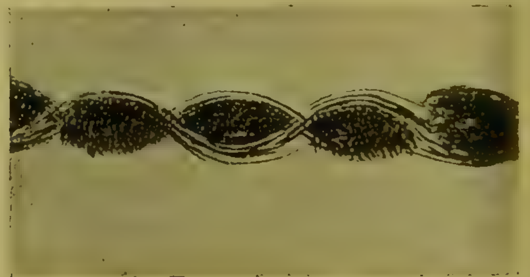


Fig. 92.

Stoffe recht dürftig, und wenn auch zahlreich, so doch von sehr geringem Querschnitt.

Unter den praktischen Verhältnissen tragen wir eine ganze Reihe von Stofflagen übereinander. Fig. 93 zeigt uns, von rechts nach links gesehen, zuerst den Durchschnitt durch ein Wolltrikothemd, darüber den Querschnitt eines Leinenhemdes, dann das Futter der Weste, bestehend aus einem Baumwollstoff, weiter die Weste aus Kammgarn, das Futter des Rockes (Baumwolle) und den Rock aus Kammgarn, also 6 Lagen, sie sich nicht direkt aufeinanderlegen, sondern durch mehr oder minder große Hohlräume trennen.

Die Kleidungsstoffe stellen ein System allseitig kommunizierender Hohlräume dar. In jedem Faden selbst sind größere und kleinere Räume = Fadenräume, bei Wolle z. B. ziemlich ausgedehnt. Die Fäden umgrenzen dann die Zwischenfadenräume, welche bei Stoffen wie Wolle, wo das einzelne Haar bereits eine gewisse Widerstandskraft besitzt, sehr ge-



Fig. 93.

räumig sein können. Zwischen den einzelnen Teilen einer Kleidung bilden sich die Kontakträume, die sehr wechselnder Natur sind und durch die Faltenbildung mannigfaltig variiert werden können.

Die Stoffe unserer Kleidung wechseln ungemein in ihrer Dicke, z. B. feine

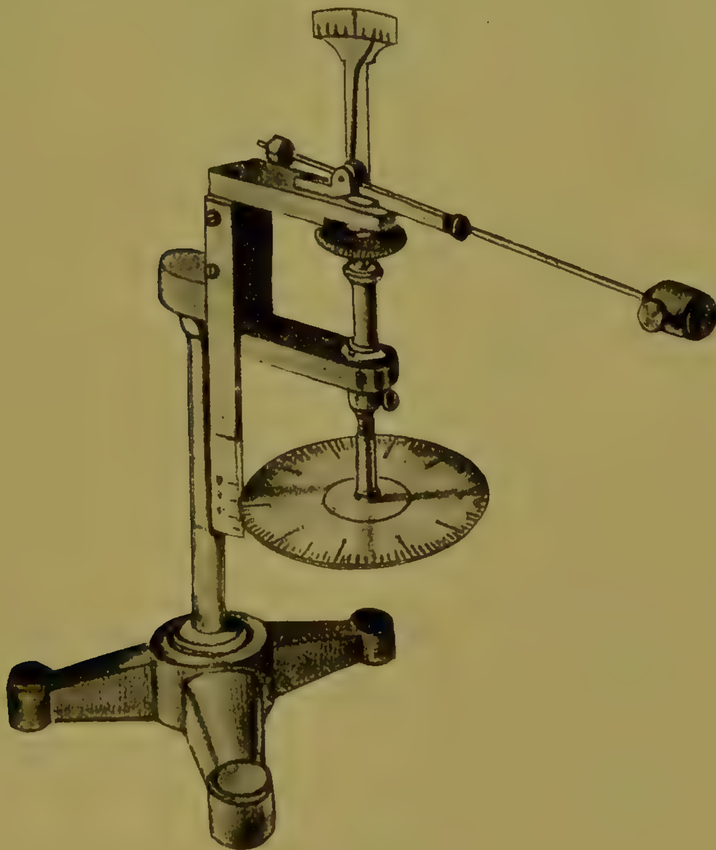


Fig. 94.

Leinen-, Baumwoll- oder Seidenstoffe von 0,16—0,4 mm, Trikotgewebe von 0,6 bis 1,2 mm Dicke, Wollflanelle von 2—3 mm, Stoffe der Oberkleidung von 2 bis 4 mm, Überzieherstoffe von 6—7 mm oder Pelze von 12—40 mm sind im Gebrauch.

Die Dicke der Stoffe wird in folgender Weise mit einem von mir Sphärometer benannten Instrumente gemessen. Fig. 94 gibt ein An-

sichtsbild, Fig. 95 die näheren Details. Auf einem Stativ a (Fig. 95) ist der Horizontalbalken m und an diesem die vertikale Hülse l befestigt. In deren Gewinde läuft die Mikrometerschraube, welche bei b durch eine große, in 100 Teile geteilte Scheibe gedreht werden kann. Je zwei Umdrehungen entsprechen 1 mm, also ein Skalenteil = $^1/_{200}$ mm = 0,005 mm. Der O-Punkt läßt sich durch die Lage zu der Skala g erkennen, die auf dem vertikalen Stabe s eingegraben ist. Die Skala g gibt Millimeter an. Die Mikrometerschraube hebt den Tisch c, der durch die Schraube t an der Drehung gehindert wird. Der Metallbügel m trägt an seinem Ende eine kleine Platte von 8 mm und eine solche von 15 mm Durchmesser, die auch durch ein feines Schräubchen fixiert wird. Der Stift des Plättchens drückt auf einen Hebel, 4 mm entfernt von dessen Achse. Auf dem Hebel befindet

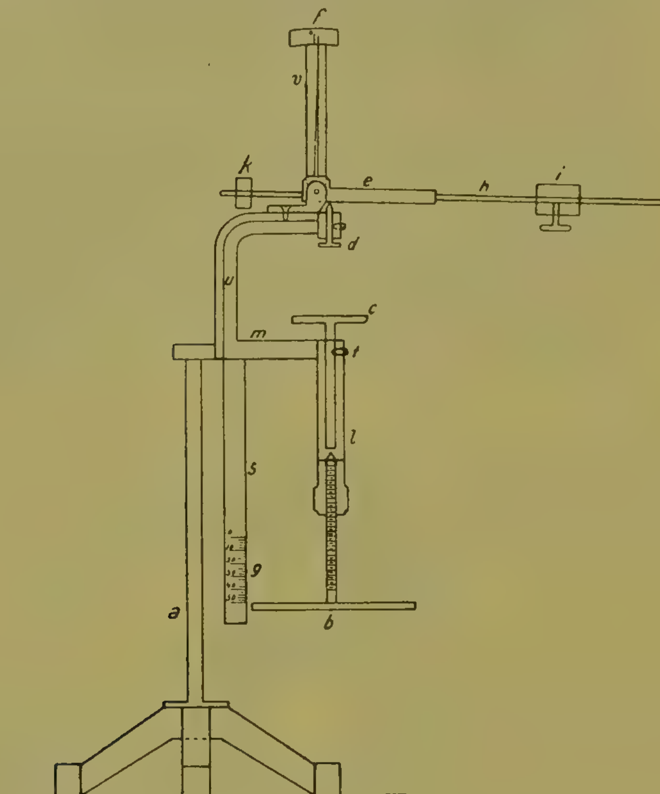


Fig. 95.

sich ein Zeiger v, der vor einer kleinen Skala f hin und her bewegt werden kann. Berührt der Tisch c das Plättchen d, so steht der Zeiger auf O und ebenso die Mikrometerschraubenplatte auf O an der Skala g. Der Hebel hat bei k ein Laufgewicht, durch welches das Stück e ausbalanciert werden kann; h mit dem 10,8 g schweren Laufgewichte i läßt sich abschrauben und kann beliebig ausgeschaltet werden. Man senkt zur Messung einer Substanz die Mikrometerschraube b, wodurch der Zeiger v nach rechts fällt. Dann bringt man den zu messenden Körper dazwischen und stellt durch Höherdrehen auf O ein. Mit diesem Instrument können zugleich die Dickenmessungen bei verschiedener Belastung ausgeführt werden. Zu diesem Zwecke hat man nur die Stange h anzubringen und das Laufgewicht i. Für diesen Fall hat man aber vorher den O-Punkt zu bestimmen. Die Belastung des Stoffes läßt sich außer durch das Laufgewicht noch durch die verschiedene Größe des Plättchens d variieren.

Das Sphärometer mit variierbarer Belastung eignet sich speziell zur Prüfung der elastischen Eigenschaften der Kleidungsstoffe, so z. B. der Komprimierbarkeit wie zum Studium der wechselnden Komprimierbarkeit unter verschiedenen Bedingungen.

Auch die Flächengewichte der Bekleidungsstoffe kommen als wesentliche Größen bei der Beurteilung der Eigenschaften der Gewebe in Betracht, es bedarf wohl keines weiteren Hinweises, daß sich hier wie bei der Dicke der Stoffe die mannigfachsten Unterschiede finden. Das Flächengewicht findet man am schnellsten, wenn man sich eines Durchschlagmeißels, von kreisförmigen bestimmten (5 qcm) Querschnittes bedient und solche Stücke (bei mittlerer Feuchtigkeit der Luft) auf einer feinen Wage wiegt.

Wenn wir das Flächengewicht und die Dicke des Stoffes genau kennen, so läßt sich angeben (unter Vernachlässigung der eingeschlossenen Luft), wieviel 1 cm^3 des Stoffes wiegt, und damit haben wir zugleich das spezifische Gewicht desselben gefunden.

Einige Beispiele:

Feines Leinen	0,814
Grobes Leinen	0,727
Feiner Schirting	0,869
Trikotgewebe	0,2—0,3
Flanelle	0,09—0,15
Pelze	0,05
Kleidertuche	0,237—0,358
Winterüberzieherstoff	0,146
Bettdecken (Wolle)	0,153—0,178
Sämisch-Leder	0,189
Alaun-Leder	0,352

Rubner, Arch. f. Hyg. Bd. XV, S. 29 usw., XXXI, S. 217; Spitta, ibid. Bd. XXXII, S. 285, XXIV, S. 375.

Das spezifische Gewicht der festen in dem Bekleidungsmaterial vorkommenden Stoffe ist lufttrocken rund 1,3 (Wasser = 1). Dividiert man mit dem spezifischen Gewichte der festen Stoffe in den Wert des spezifischen Gewichts der lufthaltigen Gewebe, so findet man die vorhandenen Raumteile der Luft und festen Stoffe, eine Größe, die Verfasser das Porenvolum genannt hat.

Der Luftreichtum ist ein erstaunlich großer, wie uns folgende Werte des Porenvolums zeigen (Luftgehalt).

Feines Leinen	37
Grobes Leinen	44
Feiner Schirting	33
Trikotgewebe	73—86
Flanelle	89—92
Pelze	95—97
Kleidertuche	72—82
Winterüberzieherstoffe	89

Bettdecken (Wolle)	86—88
Sämisch-Leder	85
Alaun-Leder	72

Plätten, Stärken, Appretieren (Imprägnieren mit schwefelsaurer Magnesia) macht die Stoffe so gut wie völlig luftfrei. (Rubner, Arch. f. Hyg. Bd. XXV, S. 286.)

Alle Kleidungsstoffe sind hygroskopisch, d. h. sie nehmen genau in Abhängigkeit zur relativen Feuchtigkeit der Luft Wasserdampf unter Wärmeentwicklung auf. (Rubner, Hyg. Rundschau 1898, Nr. 15, S. 1.) Die Bindung erfolgt zuerst rasch, dann langsamer, ungemein schnell in luftleerem Raum und bei hohen Temperaturen. 100 Teile Wolle nehmen bei 100 Proz. relativer Feuchtigkeit 25—28 g Wasserdampf auf, 100 Teile Seide etwa 16—17 g, Baumwolle 12 g.

C. B. Lehmann (Arch. f. Hyg. Bd. LVII, 1906, S. 28) gibt an Stelle der von Clas Linroth festgestellten Zahlen etwas höhere Werte: für Wolle 31,5 g, Baumwolle 23 g, Leinen 25 g pro 100 Teilen vorher getrockneter Stoffe. (Zeitschr. f. Biol. 1881, XVII, S. 184.)

Die ersten Untersuchungen über die hygroskopische Feuchtigkeit rühren von Rumford her, später hat sich damit eingehender Pettenkofer beschäftigt.

Legt man Gewebe in Wasser, so füllen sich natürlich alle Poren mit Wasser, was man als maximalste Wasserkapazität bezeichnet. Nimmt man die Stoffe aus dem Wasser, so verlieren diejenigen, welche ein großes Porenvolum hatten, sofort einen Teil dieses Wassers, mehr, wenn man mit der Hand preßt oder eine stärkere mechanische Kraft anwendet.

In 100 kg bleibt nach Rouget de Lisle an Wasser zurück:

bei Woll-Flanell	Baumwolle	Seide	Leinwand	
200	100	95	75	Auswinden mit der Hand,
100	60	50	40	Auswinden mit der Maschine,
60	35	30	25	beim Zentrifugieren.

Die nach dem Auspressen mit der Hand bleibende Wassermenge nennt man die minimalste Wasserkapazität (bei einer Druckkraft der Hand von rund 25 kg).

Der Unterschied hängt sehr von der Webweise ab, wie wir noch sehen werden, aber auch die Natur der Grundsubstanzen spricht dabei mit; Verfasser fand:

1000 Teile Stoff halten zurück:

Trikot-Seide	1409 Teile Wasser
Trikot-Wolle	1400 „ „
Trikot-Baumwolle	1180 „ „

Je mehr kapillare Räume vorhanden sind, um so mehr Wasser kann festgehalten werden, je größer die Räume, um so leichter weicht das Wasser der pressenden Kraft, je leichter ein Gewebe dem Druck nachgibt, um so weniger wird Wasser zurückbleiben. Die Bedeutung des Wassers in der Kleidung wird uns erst voll verständlich, wenn wir die Darstellung volumetrisch geben und berechnen, wie groß das Porenvolum vor und nach der Benetzung ist.

	Vorhandenes Porenvolum bei trocknem Gewebe pro 1000 Teile	Vorhandenes Porenvolum bei minimalster Wasserkapazität
Wollflanell	923	803
Baumwollflanell	888	723
Seidentrikot.	832	501
Wolltrikot	833	612
Baumwolltrikot	833	617
Leinentrikot.	747	318
Schirting	520	0

Wie Schirting verhalten sich auch die feinen Leinenstoffe, nur grobe Leinenstoffe sind, wasserbenetzt, etwas lufthaltig; die Einbuße an Luft durch die Benetzung (bei minimalster Wasserkapazität) bewegt sich demnach bei manchen Geweben innerhalb sehr kleiner Werte.

Die nassen Gewebe adhärieren unter Umständen fest an der Haut des Menschen, belästigen dadurch und hemmen die freie Bewegung. Die Adhäsion ist um so intensiver und vollständiger, je geringer der Luftgehalt im benetzten Zustande (bei minimalster Wasserkapazität) ist.

Wenn sich auch die Gewebe, unter Wasser gebracht, völlig damit füllen, so sagt das nicht, daß bei einer Benetzung in Tropfenform oder beim Eintauchen eines Stoffbandes mit seinem unteren Rande in Wasser eine kapillare Verbreitung der Flüssigkeit in gleichem Maße eintrete. Für diese Verhältnisse kommen in Betracht einmal das Vorhandensein kapillarer Räume überhaupt, deren Zahl, wie schon oben gesagt, sehr verschieden ist, weiter aber auch die spezifische Benetzbarkeit, diese hängt mit dem Fettgehalt zusammen (siehe auch bei Mense, Dissert., München 1890).

Es benetzt sich stets die Wolle schwer, leicht dagegen Seide, Leinen und Baumwolle, bei letzterer findet man auch Proben, die manchmal noch fetthaltig sind und sich dann schwer benetzen. Da die Wollgewebe wegen der Lockerheit der Fäden stets sehr lufthaltig sind, so kommt auch dieses Moment für die schwere Benetzbarkeit der Gewebe aus Wolle in Betracht.

Es gibt viele Mittel, um die Benetzbarkeit der Stoffe herabzusetzen. Sehr häufige Verwendung findet die essigsaure Tonerde, die nachträglich mit einer Harzfettseife fixiert wird. Das Verfahren findet namentlich bei Leinen und Baumwolle Anwendung. Bei Wolle wird eine Erwärmung mit Alaunlösung vorgenommen, dann Sodaseife zugegeben und getrocknet. Der Zweck der Unbenetzbarkeit wird im allgemeinen leicht erzielt, meist auf Kosten des Porenvolums, das bisweilen stark vermindert wird.

Alle zur Bekleidung dienenden Stoffe sind komprimierbar, d. h. ihre Fasern nähern sich bei Wirkung eines auf ihnen lastenden Druckes. Die Weichheit der Gewebe ist eine sehr wichtige Eigenschaft, weil Druck und Stoß auf die Haut gemindert werden, besonders wichtig ist diese Eigenschaft bei dem Fuße, weil die Körperlast auf der Sohle weniger wirksam wird, was bei langen Märschen von Bedeutung sein kann. Den Grad der Komprimierbarkeit mag man aus nachfolgender Tabelle ersehen, in welcher 0 unbelastet, I einen Druck von 416 g pro 1 qcm, II einen Druck von 565 g pro 1 qcm bedeutet, annähernd also der Körperbelastung gleichkommt.

Stoffe	Spez. Gew.	Dicke einer Lage mm	Relative Zahl Stoffe trocken			Relative Zahl Stoffe feucht auf trocken = 100 bezogen		
			0	I	II	0	I	II
Glattgew. Wollstoff .	0,370	0,351	100	60	56	127	67	62
Wolltrikot.	0,160	1,254	100	44	41	89	40	38
Wollkrepp.	0,120	1,560	100	31	24	95	31	27
Wollflanell	0,105	1,465	100	37	31	70	27	26
Baumwolle glattgew. .	0,347	0,150	100	74	71	108	74	68
Baumwolltrikot. . .	0,118	0,950	100	41	41	91	39	37
Baumwollkrepp . . .	0,110	1,445	100	35	33	92	30	28

Die Komprimierbarkeit ist eine Funktion der Webweise, in den beiden Gruppen der Wolle sowie der Baumwolle sehen wir je nach der Art des Stoffes wesentliche Unterschiede der „Weichheit“. Alle Stoffe mit geringem spezifischen Gewicht sind leichter komprimierbar als die anderen.

Unterschiede zwischen Wolle und Baumwolle finden sich kaum bei den sehr lockeren Stoffen, aber sehr deutlich bei den dichten (glattgewebten) Geweben. Die Kleidungsstoffe zeigen gegenüber einem Druck weit weniger Widerstand als etwa Gummi.

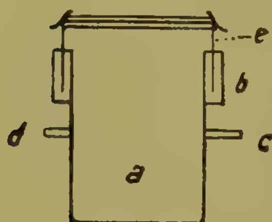


Fig. 96.

Soll die Weichheit gesteigert werden, so verwenden wir mehrere Stoffe, die aufeinander gelagert werden.

Interessant sind die Veränderungen durch Wasser. Glattgewebte Wolle und Baumwolle nehmen an Dicke erheblich zu, bei Leinen findet man sogar eine Zunahme um 35 Proz. Alle lockeren Stoffe nehmen aber im feuchten Zustande an Dicke etwas, der Wollflanell sogar um 30 Proz. ab. Die Volumzunahme erfolgt hauptsächlich durch eingelagertes kapillares Wasser (bei Baumwolle), aber auch durch Änderung der Fäden selbst (Wolle). Bei starker Belastung sind alle luftreichen Stoffe mehr komprimierbar als im trocknen Zustande, doch sind die Unterschiede nicht erheblich.

Die Komprimierbarkeit hat also nichts mit der Eigenschaft des Anlegens der benetzten Stoffe an die Haut zu tun, sondern dieses beruht auf dem großen Gewicht nasser Stoffe. Diese letzteren werden durch das Eigengewicht belastet und an die Unterlage gepreßt.

Die Luft in den Hohlräumen der Gewebe ist beweglich, den Grad ihrer Beweglichkeit nenne ich Permeabilität. Zur Bestimmung der letzteren müssen Kleidungsstoffe von bekannter Dicke verwendet werden, denn es läßt sich zeigen, daß der Widerstand für das Durchtreten der Luft bei kleinen Luftgeschwindigkeiten der Dicke der Schicht proportional geht. Ebenso muß das Porenvolum bekannt sein, denn es ist a priori anzunehmen, daß, wenn viel Luft in einem Gewebe eingeschlossen ist, auch die Beweglichkeit der Luft zunehmen muß.

Die Stoffe werden auf einem Messingring befestigt (e), der auf ein zylindrisches Gefäß (a) mit zwei Schlauchansätzen (c, d) dicht aufgesetzt werden kann, die Dichtung geschieht durch Eintauchen des Ringes (e) in ein Bassin (b), das das Gefäß (a) rings umgibt und mit Öl gefüllt ist.

Man verbindet c mit einem Recknagelschen Differentialmanometer zur Messung des Druckes. d führt zu einer Gasuhr, von dieser zu einer drei-

fach tubulierten Woulffschen Flasche, die etwas Wasser enthält, sie ist verbunden mit einer Wasserstrahlpumpe, das dritte Rohr der Woulffschen Flasche kann nach Belieben tief oder weniger tief in das Wasser getaucht werden, es reguliert das Gleichbleiben des Druckes.

Die zahlreichen älteren Experimente über die Permeabilität können übergangen werden, da sie ohne Rücksicht auf die Dicke und den Aufbau der Gewebe angestellt worden sind.

Als Permeabilitätskoeffizienten bezeichne ich die Sekundenzahl, welche angibt, wie lange es dauert, bis durch 1 qcm Fläche, 1 cm Dicke, 1 cm³ Luft bei einem bestimmten Drucke hindurchgeht. Diese Größe habe ich für den Wasserdruck von 0,42 mm gefunden:

bei glattgew. Baumwollstoff	zu	76,3	Sek.
„ Militärhosenstoff	„	15,7	„
„ Wolltrikot	„	5,7	„
„ Waffenrock	„	18,8	„
„ Loden	„	2,8	„
„ Grauer Militärmantel	„	9,7	„
„ Baumwolltrikot	„	1,1	„
„ Poröser Hemdenstoff	„	0,3	„

Neue Gewebe sind sehr häufig appretiert (mittels schwefelsaurer Magnesia), durch Walzendruck geglättet. Sie werden dann nach dem Waschen poröser. Die Permeabilitätskoeffizienten waren:

	mit Appretur	ohne Appretur
Feines Leinen	171,6	17,2
Marzelline	239,8	76,2
Köper	549,3	66,2

Wollgewebe werden im Gebrauche weniger permeabel.

Die Permeabilität steht im allgemeinen im Zusammenhange mit dem Porenvolum und dem spezifischen Gewicht. Die glattgewebten dichten Stoffe zeigen eine weit geringere Permeabilität als die Tuchsorten, Kammgarne und gewirkten Stoffe. Im einzelnen ergeben sich aber doch bei gleichem Porenvolum und gleichem spezifischen Gewicht mancherlei Abweichungen, je nachdem die Stoffe viele kleine Hohlräume und lockere Fäden oder dichtere Fäden und wenige größere Hohlräume aufweisen.

Der im Freien herrschende Winddruck ist sehr bedeutend und fördert gewaltige Luftmengen durch die Kleidung hindurch.

Nasse Gewebe trocknen an der Luft unter lebhafter Verdunstung des Wassers und Wärmebindung, die Verdunstungsgröße ist also sehr von der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit, dem Winde abhängig. Unter gleichbleibenden Bedingungen verdampft in der Zeiteinheit um so mehr Wasser, je mehr Raumteile Wasser ein Gewebe einschließt, also mit zunehmenden Werten für die minimalste Wasserkapazität. Werden nasse Stoffe von Flächen ungleicher Temperatur begrenzt, so geht die Verdunstung von den warmen nach den kalten Flächen, gleichgültig, ob erstere mit der Luft in Berührung stehen oder nicht.

Mit Rücksicht auf die hervorragende Wirkung der Kleidung für den Wärmehaushalt ist die Bestimmung des Wärmeleitungsvermögens der Stoffe in erster Linie von Bedeutung. Orientierende Versuche sind des öfteren von verschiedenen Autoren ausgeführt worden.

Die ältesten Versuche sind jene von Rumford (s. v. Rumford, Kleine Schriften, Weimar 1805, IV. Bd., 1. Teil, S. 104); er nahm ein zylindrisches Messinggefäß, das auf einem Stativ aufgestellt wurde, füllte es mit Wasser, dessen Temperatur an einem Thermometer abgelesen werden konnte. Zur Bestimmung des Wärmeleitvermögens benutzte er immer gleichzeitig zwei Apparate, einen zur Kontrolle, den anderen zur eigentlichen Bestimmung, indem er ihn mit den Kleidungsstoffen umhüllte und die Erkaltungsdauer beobachtete. Es ist das genau der gleiche Apparat, den später Coulier, Hammond, Krieger, Schuster u. a. angewendet haben. Rumford hat noch eine zweite Methode angegeben, er brachte die Stoffe in ein Instrument (er nannte es Passagethermometer, siehe Kleine Schriften II B., Weimar 1799, S. 309), das etwa wie ein Vakuumthermometer aussah, und füllte zwischen äußerer Kugel und Thermometerkugel die Stoffe ein, erhitzte und ließ dann dies Instrument in Wasser und Eis erkalten. Als allgemeines Resultat fand er ein schnelleres Erkalten seines Instrumentes, wenn Kleidungsstoffe, ein langsameres, wenn nur Luft vorhanden war.

Da wir heute Methoden besitzen, welche exakte Angaben über das Leitungsvermögen der Kleidungsstoffe in absolutem Maße machen lassen, erübrigen sich die älteren Versuchsverfahren von selbst.

Bestimmt wird das Wärmeleitungsvermögen am sichersten mit dem Stefanschen Kalorimeter. Es besteht aus zwei ineinandersteckenden Kupferzylindern, in deren Zwischenraum die zu untersuchende Substanz gebracht wird, ihre Menge darf nicht sehr beträchtlich sein. Der Abstand der beiden Zylinder wird zu 2,5—5 mm genommen. Der innere Zylinder ist mit einer U-förmigen, mit einem langen Schenkel versehenen Steigröhre verbunden, die unten mit Glyzerin oder dergl. geschlossen ist. Das Kalorimeter taucht in ein Gefäß, welches mit Wasser oder Eis gefüllt ist.

Vor dem Versuche läßt man den Apparat sich mit Wasser von Stubentemperatur ausgleichen, dann wird das Wasser plötzlich gegen ein Gefäß mit Eiswasser vertauscht und mit Sekundenuhr und Fernrohr die Steighöhe des Glyzerins gemessen.

Wenn h, h_1, h' die Steighöhen zu den Zeiten t', t und ∞ sind, so ist die in einer Sekunde erreichte Steighöhe:

$$\beta \cdot \log e = \frac{(\log h_1 - h) - (\log h_1 - h')}{t' - t}.$$

Wenn P das Gewicht des inneren Zylinders a, C dessen spezifische Wärme, $\triangle$ der Abstand der Zylinder, F die mittlere Oberfläche, W der Wasserwert (PC) der eingefüllten Stoffe ist, so ist die Leitungskonstante k

$$k = \frac{P \cdot C \triangle}{0{,}4343\, F}\, \beta \cdot \log e \cdot \left(1 + \frac{W}{4\,P\,C}\right).$$

Vergleicht man das Leitungsvermögen der Grundstoffe der Kleidung mit Luft, so findet sich nach den Experimenten des Verfassers:

	Luft = 1
Leitungsvermögen der Wolle (fest)	6,1
„ „ Seide „	19,2
„ „ Baumwolle u. der Leinwand (fest)	29,9

Alle Grundstoffe sind also erheblich bessere Leiter als Luft, sie sind bei mittlerer Feuchtigkeit der Luft untersucht. Die Gewebe bestehen alle aus viel Luft und wenig Stoffen, es muß daher ihr Leitungsvermögen wesent-

lich vom Luftgehalt abhängen, in zweiter Linie von der Grundsubstanz des Stoffes.

Denken wir uns einen Hohlraum mit Gewebe gleichmäßig ausgefüllt, so kann die Anordnung der Fasern different sein, es kann ein großer Teil der Fasern parallel zu den wärmeabgebenden Flächen geordnet sein, ein anderer auf diesen vertikal stehen. Nun ist das Wärmeleitungsvermögen aber stets größer, wenn die Wärme sich der Faser entlang verbreiten kann, und geringer, wenn sie quer durchgeht und von der Faser zur Luft, dann wieder zur Faser usw. übertreten muß. Die Gewebe zeigen alle eine typische Ordnung der Fasern; wenn wir ein gewöhnliches Leinen in das Kalorimeter bringen, lagern die Fasern fast alle parallel zu den wärmeabgebenden Flächen; nehmen wir Flanell, so liegt ein Gewirr vor, in welchen viele Fasern auch vertikal zu den Wärmeflächen stehen.

Jenes Leitungsvermögen, welches sich bei Geweben einer Grundsubstanz finden läßt, wenn sie in gleichen Gewichtsmengen und gleicher Raumgröße untersucht werden, nenne ich typisches Leitungsvermögen, es läßt sich in der Tat zeigen, daß die Werte vom Faserverlauf abhängen.

Vergleicht man das Leitungsvermögen, wie es dem natürlichen spezifischen Gewichte und Porenvolum zukommt, so hat man das „reelle Leitungsvermögen“, eine Größe, die jedoch auf gleiche Dicke der Stoffe bezogen ist.

In der praktischen Bekleidungslehre spielen aber die Stoffe, wie sie sind, also von ungleicher Dicke, die Hauptrolle, Zahlen dieser Art geben einen kurzen Ausdruck für den Bekleidungswert einer Ware, ich nenne sie Wärmedurchgangswerte; in erster Linie beruhen die Ungleichheiten des Wärmedurchgangs auf ungleicher Dicke, in zweiter Linie auf ungleicher Dichte, in dritter Linie auf ungleichem Leitungsvermögen der Grundstoffe. Einige Beispiele mögen erwähnt sein.

	Gewebe	Dicke in mm	Wärmedurchgang pro 1 qcm in 1″ bei 1° Temperaturdifferenz g/cal
Unterkleidung	Wolltrikot	0,46	0,002054
	Wolltrikot	1,12	0,000635
	Baumwolltrikot	1,01	0,000994
	Baumwolltrikot	2,25	0,000425
	Glattes Leinen	0,23	0,005795
	Glatte Baumwolle	0,15	0,005913
Oberkleidung	Sommer-Kammgarn	1,00	0,000772
	Winter-Kammgarn	2,50	0,000293
	Loden	3,00	0,000253
	Waffenrock	1,62	0,000568
	Militärhose	1,50	0,000624
	Grauer Mantel	2,00	0,000402

Von den aufgeführten Zahlen sind die beiden Extreme, der dünne Leinenstoff mit einem Wärmedurchgang von $5913 \cdot 10^{-8}$ g/kal und Loden mit $253 \cdot 10^{-8}$, also um das 20fache voneinander unterschieden, während ihre Dicke um das 24fache variiert. Die Mittel der Regulierung des Wärmeverlustes sind demnach die allermannigfaltigsten.

Ein Vergleich des Wärmeleitungsvermögens der Grundsubstanzen der Kleidung mit anderen Stoffen ergibt sich aus folgenden Leitungskonstanten:

Für Kupfer	1,108
„ Holzfaser	0,001410
„ Wasser	0,001000
„ Muskel, Längsleitung	0,000632
„ „ Querleitung	0,000615
„ Haare	0,000480
„ Rindsfett	0,000418
„ Luft	0,000053

Das Leitungsvermögen ist durch einen wichtigen, bereits in anderem Zusammenhang erwähnten Faktor beeinflußt, durch den Gehalt an hygroskopischem Wasser. Das letztere leitet Wärme etwa ebensogut wie die vegetabilische Faser. Besonders stark ist dieser Einfluß bei Wolle ausgeprägt, wo zwischen absolut trockener Substanz und wasserdampfgesättigter ein Unterschied im Leitungsvermögen von 109,8 Proz., bei Seide um 41 Proz. und bei Baumwolle um 16 Proz. erwartet werden kann. Die Schwankungen der hygroskopischen Feuchtigkeit sind somit bei der Wolle wesentliche Regulatoren ihrer wärmehaltenden Wirkung (Arch. f. Hyg. XXV, 29).

In gleichem Sinne, nur in noch erheblicheren Größendifferenzen, wirkt die Benetzung der Stoffe mit Wasser auf das Leitungsvermögen ein. Ziehen wir die Verhältnisse in Betracht, wie sie durch die minimalste Wasserkapazität gegeben werden, also noch nicht die äußersten Extreme der Benetzungsmöglichkeit, so erhalten wir folgendes Bild:

	Wärmeleitungsvermögen in g/kal		Trocken : Feucht wie 1 : x
	trocken	naß	
Wollflanell	$723 \cdot 10^{-8}$	$1136 \cdot 10^{-8}$	1,6
Wolltrikot	625 „	1425 „	2,2
Loden	735 „	1896 „	2,6
Winterkammgarn	715 „	1438 „	2,1
Glatt gew. Baumwolle	810 „	2750 „	3,4

Die Wärmeleitung nimmt bei den lockeren Stoffen bei der Benetzung weit weniger rasch zu als bei denen mit geringem Luftgehalt. Der Gegensatz zwischen Wärmeverlust in trockener und nasser Kleidung wird um so beträchtlicher und fühlbarer, je mehr der Luftdruck das Wasser aus den Geweben verdrängt hat. Dazu kommt noch, daß die Wollstoffe durch die Zunahme an hygroskopischer Feuchtigkeit, die jeder Benetzung durch Schweiß vorausgeht, im Leitungsvermögen verändert werden, also allmählich zu den höheren Werten des Wärmeverlustes führen, während ein solches Verhalten der vegetabilischen Faser fehlt. Hier ist noch bei glattgewebten Leinen-, Seide- und Baumwollstoffen der Umstand ihres Verlustes zur Faltenbildung und des davon bedingten Lufteinschlusses zu berücksichtigen.

Das Wärmeleitungsvermögen der Stoffe bedingt also den Wärmeabfluß von der Haut zur äußeren Begrenzungsfläche in Abhängigkeit von den Begrenzungstemperaturen. Beide sind variabel, die Hauttemperatur schwankt, wenn auch in geringerem Grade wie die Außentemperatur der Kleidung. Wir werden auf diese Fragen noch später einzugehen haben; unter mittleren Verhältnissen hält sich die Hauttemperatur auf 32—33°, während die Oberfläche der Kleidung auf 22,9° steht und 5,4° höher ist als die umgebende Luft. Die Oberflächentemperatur der Kleidung ist abhängig von der Wärmeabgabe durch die Berührung mit der Luft, für welche die Körper-

form, Lufttemperatur und Bewegung maßgebend ist, die Wärmeausstrahlung der Stoffe, ferner der Grad der Luftzirkulation durch die Kleidung hindurch. Die letztere ist bei Windstille eine Funktion der Wärme der Kleidung, welche die natürliche Triebkraft für den Luftaustausch herstellt, worüber sich im nächsten Abschnitt einiges angegeben findet.

Die Wärmestrahlung der Gewebe läßt sich messen; die älteren Experimente von Krieger u. a. sind freilich nicht zu verwerten. Am einfachsten verfährt man so, daß man einen Metallwürfel, der mit Wasser gefüllt ist und auf gleicher Temperatur gehalten wird, an der einen Seite mit zweien unter sich zu vergleichenden Stoffen bespannt und diese Lagen wechselt in der Art, daß bald die eine, bald die andere ausstrahlt. Die Größe der Strahlung wird mittels einer mit einem Galvanometer verbundenen Thermosäule gemessen. Es sind nicht unwesentliche Unterschiede vom Verfasser gefunden worden, im allgemeinen geben die rauheren Gewebe mehr Wärme ab als die glatten.

Stoffart	Strahlung, bezogen auf Ruß = 100	Absolute Werte für 1 Quadratmeter, 1 Stunde und 1° Temperaturdifferenz bei 15°
Glänzender Seidenstoff . .	83,3	3,47 g/kal
Waschleder	95,5	3,97 „
Sommerkammgarn	98,7	4,11 „
Ruß	100,0	4,16 „
Baumwolle, glatt gewebt .	102,2	4,25 „
Wollflanell	108,7	4,51 „
Trikotseide	109,9	4,53 „
Trikotbaumwolle	109,9	4,53 „
Trikotwolle	109,9	4,58 „

Das Strahlungsvermögen von Bekleidungsstoffen ist rund 24 mal so groß wie jenes von blanken Metallflächen. Werden die Oberflächen naß gemacht, so strahlen die nassen Stoffe (unter Berücksichtigung des Umstandes des Sinkens der Oberflächentemperatur berechnet!) um 37 Proz. mehr Wärme aus.

Sind Wärmequellen von höherer Temperatur vorhanden als jene einer Bekleidungsfläche ist, so findet durch diese Bestrahlung eine Wärmezunahme statt. Der Wärmezuwachs ist von dem Umstand, ob es sich um leuchtende oder dunkle Wärmestrahlen handelt, abhängig. Von den ersteren, an welchen die Sonne besonders reich ist, werden, wie Franklin zuerst gezeigt hat, je nach der Farbe des Gegenstandes verschiedene Mengen absorbiert und reflektiert. Von unbekleideten weißen Hautstellen wird ziemlich viel Strahlung reflektiert, von der Negerhaut dagegen viel absorbiert (s. P. Schmidt, Arch. f. Hyg. LXIX, 1, 1909).

Bei der Bekleidung kommt es bezüglich der Absorption der Sonnenstrahlung weniger auf die Natur der Bekleidungsstoffe als auf die Farbe an. Pettenkofer fand, daß, wenn Weiß 100 Wärmeeinheiten aufnimmt, Hellgelb 102, Hellgrün 152, Dunkelgelb 140, Dunkelgrün 161, Rot 168, Hellbraun 198, Schwarz aber 208 absorbiert. Die Unterschiede würden noch erheblicher sein, wenn man mit Lichtstrahlen allein experimentieren wollte.

Für die lichtfreie Strahlung ist der Einfluß der Farbe nicht näher bekannt, aber aus anderen physikalischen Erfahrungen zu vermuten, daß ihre

Absorption nicht in denselben Verhältnissen wie jene der Lichtstrahlen erfolgt. Von dunklen Strahlen absorbiert z. B. der weiße Alaun sehr viel, das schwarze Jod ist aber nahezu völlig wärmedurchlässig (Tyndall). Die Kleidungsstoffe sind je nach der Farbe für die Sonnenstrahlung durchgängig (Bubnoff), so daß die Haut durch die Kleidung also keinen vollkommenen Schutz gegen die Lichtstrahlen besitzt. Die Körperteile werden bis auf eine bedeutende Tiefe vom Licht durchdrungen, wie jede Hand zeigt, die man gegen die Sonne oder eine starke Lichtquelle hält. Das Licht einer Nernstlampe vermag das Schädeldach zu durchdringen. Blut und Gehirn lassen wenig, Knochen und Fett mäßig, die Muskel viel Licht durch. Die weiße Haut des Europäers läßt doppelt so viel Wärme (Licht) durch als die Haut des Negers (P. Schmidt, Arch. f. Hyg. XVII, 262, 1903).

Hygienische Bedeutung der Kleidung.

Die Funktionen der Kleidung sind mannigfaltige, eine der wichtigsten ist ihre wärmeregulatorische Aufgabe. In dieser Hinsicht kommen zwei Ziele in Betracht.

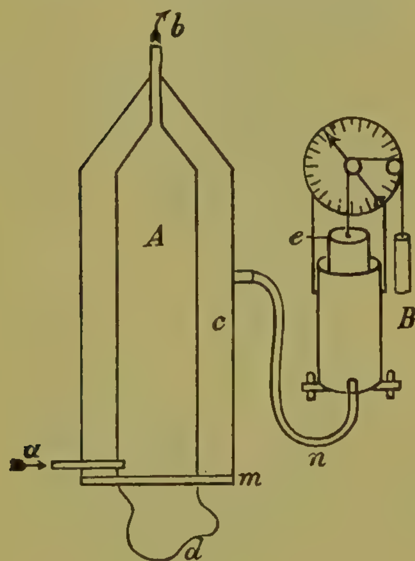


Fig. 97.

a) Die Kleidung ist auf Grund ihrer oben erörterten physikalischen Eigenschaften in der Lage, den Wärmeverlust einzuschränken. Dies läßt sich mittels der kalorimetrischen Untersuchung leicht beweisen. Wir benutzen das vom Verfasser angegebene Luftkalorimeter (Fig. 97). A ist ein doppelwandiger Messingzylinder, in welchem der eine Arm von der Wandung isoliert ruht, der Kautschukärmel d gibt nach außen einen dichten Abschluß. Das Kalorimeter ist durch einen Holzboden (mit der Öffnung für den Arm) und einen Pappschirm vor Zuleitung von Wärme von seiten der Versuchsperson geschützt. In einem zweiten Instrument ruht der andere Arm, der eine ist nackt, der andere mit dem zu untersuchenden Kleidungsstück bekleidet. Mittels einer Gasuhr und einer Wasserstrahlpumpe wird Luft durch beide Kalorimeter geleitet und durch eingeschaltete Kölbchen, die mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllt sind, der abgegebene Wasserdampf gemessen. Die Luft im Mantelraum c dehnt sich durch die Wärme aus und strömt durch n nach dem Volumeter B. Die Glocke l steigt und bewegt den Zeiger, der in verhältnismäßig kurzer Zeit eine konstante Stellung einnimmt.

Der ganze Apparat wird vor der Benutzung geeicht, indem entweder durch ein Röhrensystem warmes Wasser geleitet und dessen Abkühlung gemessen wird oder indem man eine kleine geschwärzte Glühlampe von bekanntem Widerstand und bekannter Amperemenge als Wärmequelle benützt. Die Angaben des Volumeters lassen sich dann in Kal. ausdrücken. In diesen genau messenden Versuchen muß auch die Temperatur der ein- und ausströmenden Ventilationsluft bestimmt werden (Rubner, Ztschr. f. Biol. 1889. XXV, 400).

Bei solchen Experimenten wurde durch Rumpel gefunden, als der eine Arm nackt, der andere mit Wollhemd, Leinenhemd, Rock und Handschuh

bekleidet war, daß sich der Wärmeverlust (durch Leitung und Strahlung) minderte

bei der Lufttemperatur von	um Proz.
6,6°	25,0
10,6°	32,7
15,8°	30,4
20,8°	28,3
29,6°	14,1

Bei hohen Temperaturen verliert sich die Wirkung der Kleidung, weil ja auch ohne sie der Verlust durch Strahlung und Leitung = Null werden muß und der Wärmeverlust dann ganz durch Wasserverdunstung gedeckt wird.

Wenn man studiert, in welcher Weise durch die steigende Lufttemperatur beim nackten Arm der Wärmeverlust vermindert wird und die Einsparung des Wärmeverlustes durch einzelne Kleidungsstücke feststellt, läßt sich jedes der letzteren in der Weise bewerten, daß man angibt, welchen Grad des Temperaturschutzes wir ihm verdanken. Folgender Vergleich erläutert den Wert der Bekleidung.

	Es sinkt der Wärmeverlust um	Der Temperaturschutz beträgt
Beim Anziehen eines Wollhemdes und eines Handschuhes . . .	10,0 Proz.	3,6°
Dazu ein zweites Wollenhemd .	17,4 „	6,3°
Dazu ein Leinenhemd	19,0 „	6,9°
Dazu ein Rock	32,5 „	11,8°
Dazu ein Mantel	38,7 „	14,1°

Die Kleidung behindert also in mächtiger Weise den Wärmeverlust. Eine Versuchsperson, welche bei gleichmäßiger Ernährung und völliger Ruhe im Respirationsapparat untersucht wurde, schied pro Stunde in Gramm Kohlensäure aus:

in dünner Sommerkleidung . . .	28,4
dazu den Winterüberzieher . . .	26,9
statt letzterem einen Pelzrock . .	23,6

(Rubner, Arch. f. Hyg. 1897, XXXI, 152).

Durch genügende Bekleidung kann der Mensch allen auf der Erde vorkommenden Temperaturextremen Widerstand leisten.

Die Behaarung der Tiere hat die analoge Bedeutung unserer Kleidung; der Wechsel des Sommer- und Winterpelzes ist bekannt, aber auch einige weitere Beobachtungen sind von Interesse. Man hat beobachtet, daß Merinoschafe, welche man an den Kongo, nach dem Sudan und nach Tripolis einführte, in diesen heißen Klimaten ihre Wolle vollkommen verlieren und ein Fell, dünnbehaart wie ein Windhund, bekommen. Umgekehrt gewinnen Kamele und Dromedare, aus dem tropischen Afrika nach dem rauhen Berglande Tibets verpflanzt, dort ein zottiges Fell.

Es gelingt auch leicht, die Größe des Wärmeschutzes zu zeigen, welchen die Tiere ihrem Pelze verdanken. Ein Meerschweinchen wurde gegen Ende des Winters auf seine Wärmeproduktion untersucht und dann geschoren. Der Wärmeverlust war bei mittleren Temperaturen der Luft nach dem Scheren um 36 Proz. größer als vorher. Der Energieverbrauch eines kurz-

haarigen Hundes stieg nach dem Scheren bei mittlerer Temperatur um 21 Proz. (Rubner, Arch. f. Hyg. 1894, XX, 365). Noch größere Unterschiede würden sich bei Tieren mit besonders dichtem Pelzwerk finden lassen; bei den kurzhaarigen Tieren beträgt die Pelzdicke kaum 8 bis 10 mm, beim Schaf 40 bis 50 mm usw. (Arch. f. Hyg. 1895, XXIV, 377).

Der Temperaturschutz der Kleidung bedingt, daß in der letzteren ein gewisses Temperaturgefälle vorhanden ist, welches bei den mittleren Wärmegraden mit einer Oberflächentemperatur, die höher ist als die Lufttemperatur, aber geringer ist als der Temperaturunterschied zwischen nackten Teilen und Luft, ihren Abschluß findet. Die Temperaturverhältnisse der Körperoberfläche müssen für die Beurteilung des Wärmeschutzes von großer und um so ausschlaggebenderer Bedeutung sein, als wir vorläufig die Ungleichheiten der Wärmeabgabe bei gleicher Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und Umgebung, insoweit sie von den Eigenarten der Stoffe abhängen, übergehen dürfen.

Im unbekleideten Zustand findet man bei trockener Luft 35—37^0 durchaus noch behaglich, 30^0 erscheint eine angemessene Wärme, bei 25^0 liegt wohl die Grenze für die Kühlempfindung (für langdauernde Einwirkung, 6—8 Stunden oder dgl.), 15^0 ist bereits zu kalt, 10^0 wird meist nur ganz kurze Zeit ohne intensives Frostgefühl ertragen. Durch Akkommodation können aber zweifellos Verschiebungen dieser Empfindungsgrenzen eintreten. Das Gesagte gilt alles nur für Windstille und den ruhenden Menschen. Bei einer starken Mehrproduktion an Wärme durch Muskelarbeit rücken natürlich alle thermischen Empfindungsgrenzen in eben dem Grade nach abwärts, wie die Mehrproduktion an Wärme steigt. Durch kühle Temperatur leidet zuerst die Schlafmöglichkeit, daher auch das Bestreben, für die Nacht ein geschütztes Lager aufzusuchen.

Die Kleider bedecken in verschiedenen Klimaten einen sehr verschiedenen Teil der Körperoberfläche, bei uns, bei mittleren Wärmegraden, etwa rund 80 Proz. (ohne Kopfbedeckung) und 20 Proz. bleiben unbekleidet; bei Kindern findet man bisweilen infolge einer übertriebenen Sucht nach Abhärtung 30—40 Proz. unbedeckt.

Will man die Temperaturtopographie unserer Körperoberfläche und der Kleidung studieren, so muß man sich im allgemeinen des Thermoelements und des Galvanometers zur Messung bedienen. Die Messungen von Oberflächentemperaturen sind stets, jene des Körpers und der Kleidung mit besonderen Schwierigkeiten verbunden. Der temperaturmessende Apparat muß eine möglichst kleine Wärmekapazität besitzen, eine Bedingung, die Thermoelemente erfüllen, außerdem darf keinerlei Druck angewandt werden, weil sonst das Blut aus der Haut verdrängt wird und die Kleider komprimiert, also ihr ganzer thermischer Aufbau, ihre Dicke, spezifisches Gewicht und damit das Leitungsvermögen, aber auch die Oberflächentemperatur selbst verändert wird.

Die unbekleideten Stellen besitzen im Gegensatz zu den bekleideten eine hohe Temperatur. Bei 12^0 Lufttemperatur mißt

die Nasenwurzel	27,4^0	die Wange	27,2^0
der Nasenflügel	28,0^0	das Kinn	27,7^0
die Nasenspitze	25,1^0	der Hals	29,6^0
der Augendeckel	29,7^0	die Hohlhand	27—28,8.

Prominente Teile sind, wie bekannt, kühler als andere und auch der Erfrierungsgefahr mehr ausgesetzt.

Die normal bekleideten Stellen haben (bei mittlerer Lufttemperatur) niedrigere Temperaturen (an der Kleidungsoberfläche), aber sehr wechselvoll, je nach den einzelnen Regionen des Körpers, bei Männern (in Winterkleidung, ohne Mantel) fand sich bei 15,4° Luftwärme am

Thorax	21°	Oberschenkel	21,4°
Bauch	21,4°	Oberarm	22,1°
Schulterblatt	21,8°	Unterarm	21,0°
Fußrücken	22,1°		

Im Gesamtmittel kann man (bei 14° Luftwärme) für die nackten Teile 29,2°, für die Kleidungsoberfläche 21° annehmen.

Dieses Bild ändert sich natürlich hundertfältig am Tage, weil wir uns sehr schwankenden thermischen Einflüssen aussetzen. Ich mache daher für den Mann (winterliche Bekleidung, ohne Mantel) einige Angaben über den Einfluß des Wechsels der Umgebungstemperatur auf die bekleidete und unbekleidete Oberfläche:

Luftwärme	Unbekleidete Stellen	Bekleidete Stellen
10°	29,0°	19,3°
15°	29,2°	21,0°
17,5°	30,0°	22,9°
25,6°	31,2°	26,6°

Wenn es also wärmer wird, so werden alle Oberflächen auch wärmer, aber in geringerem Maße als die Lufttemperatur steigt, wie man aus der Temperaturdifferenz dieser Teile zu ersterer erkennt.

Lufttemperatur	Differenz zwischen Luft und nackten Teilen	Differenz zwischen Kleidungsoberfläche und Luft
10°	19°	9,3°
15°	14,2°	6,0°
17,5°	12,5°	5,4°
25,6°	5,6°	1,0°

Die Differenzen werden immer kleiner, bei weiterer Steigung können die Unterschiede (von 26° ab) weiterhin gleichbleiben, weil die Hautwärme, wie wir sehen werden, dann zu steigen beginnt; die nackten Teile gewinnen also bei höherer Temperatur für die Entwärmung des Körpers eine besondere Bedeutung.

Bekleiden wir uns verschieden dick, so verringern wir unsern Wärmeverlust dadurch, daß wir unseren Kleidungsoberflächen verschiedene Temperaturen geben. Bei einem Manne war bei 12° Lufttemperatur die Hauttemperatur nackt 27,3—27,9° bei intensivem Frostgefühl. Als er ein Trikothemd anzog, war auf dessen Oberfläche die Temperatur 23,8°, als darüber die Weste angezogen wurde, fand sich auf dieser 21,9°, auf dem Rock 18,3° während die unbekleideten Teile ihre Temperatur behielten.

Die nackten Teile des Körpers sind unter Umständen ein Ausfallstor und ein Sicherheitsventil für die Wärme des Körpers; wer sich übermäßig warm bekleidet und auf diese Weise den Wärmeverlust einschränkt, hat eine höhere Temperatur der nackten Teile als ein leichter gekleideter.

Bei 14,8° zeigte die Haut eines Unbekleideten 31,8°, als er ein Woll-

hemd anzog, auf dessen Außenseite 28,5^0, auf dem Leinenhemd 24,8, als er noch Weste und Rock angelegt hatte, auf letzterem 19,4^0.

Die praktisch geübte Wärmeregulierung ergibt sich noch aus folgendem Experiment. Ein Mann (bei 12^0 Luftwärme) wechselte verschiedene Röcke, dabei war die Oberflächentemperatur

bei einer dünnen Turnerjacke . .	20,6^0
bei leicht gefüttertem Sommerrock	19,4^0
bei mittelstarkem Rock	18,7^0
bei einem Winterrock	18,4^0

Analog wie das Ablegen der Kleidungsstücke wirkt das Öffnen und Schließen eines solchen.

Behaarte Stellen unseres Körpers verhalten sich wie bekleidete, sie haben eine niedrigere Temperatur wie nackte.

Was wir das Behaglichkeits- und Unbehaglichkeitsgefühl nennen, ist (von der Feuchtigkeit abgesehen) von der Hauttemperatur abhängig. Die Hautstellen unter der Kleidung bedingen, unter der Voraussetzung, daß die bekleideten Stellen die überwiegenden sind, in ihrer Temperatur das Wärmegefühl. Die Grenzen der Hauttemperatur, bei der keine Klage über Kälte und Wärme erhoben wird, liegt etwas unter 32 und etwas über 33, etwa rund in einem Intervall von 2^0. Beim völlig Nackten ändert sich die Hauttemperatur mit der Lufttemperatur, bei 35,5 schneidet die Linie der Lufttemperatur die Körpertemperatur, welch letztere, Extreme ausgeschlossen, sich dann nicht mehr ändert.

Bei mittleren Stubentemperaturen hält sich beim Bekleideten die Hauttemperatur trotz Schwankung der Lufttemperatur oder auch beim Ablegen der Kleidung oder dem Anlegen ziemlich konstant, aber nicht so bei niedriger Lufttemperatur, wo ein Einfluß des Kleidungswechsels auf die Hauttemperatur unverkennbar ist (Rubner, Arch. f. Hyg. 1895, XXIII, 36; Kißkalt, ibid. 1909, LXX, 34).

Der Wind ist von wesentlichem Einfluß auf die Hauttemperatur; er erreicht die Haut bei genügender Stärke unter Abkühlung derselben, sowohl auf der getroffenen Vorderseite als auch mit geminderter Wirkung auf der vom Wind abgewandten Seite (Kißkalt, l. c., S. 38). Bei 34^0 liegt die Indifferenzgrenze, bei welcher der Wind die Hauttemperatur überhaupt nicht beeinflußt.

Die Temperatur der Kleidung nimmt von der Außenoberfläche bis zur Körperoberfläche zu, in einzelnen Abständen hat man also verschiedene Wärmegrade (Schichttemperaturen), die nur in ganz homogener Bekleidung gleichmäßig abfallen, bei gemischter Kleidung aber je nach der Natur der Stoffe und ihrer Permeabilität, manche Unregelmäßigkeit zeigen.

Bei einem Manne mit winterlicher Bekleidung fand sich

	bei 10^0	bei 26^0
auf dem Rocke	21,8	28,0
zwischen Rock und Weste . . .	23,1	28,8
zwischen Weste und Leinenhemd	24,4	29,3
zwischen Leinen- und Wollhemd	25,2	29,6
zwischen Wollhemd und Haut .	32,7	32,1

Die durch die Schwankungen der Lufttemperatur hervorgerufenen Schwankungen der Kleidertemperatur treffen wesentlicher die äußeren als die inneren Schichten.

Die Bedeutung der Kleidung läßt sich auch mittels Beobachtungen an einer Thermosäule, gegen welche ausgestrahlt wird, zeigen.

Setzte man die Ausstrahlung der nackten Haut des Mannes bei mittlerer Temperatur = 100, so sank diese

durch das Anziehen eines Wollhemdes auf .	73^0
durch ein Leinenhemd auf	60^0
durch die Weste auf	46^0
durch den Rock auf	33^0

d. h. etwa ebenso, wie die Temperaturen der Kleidungsoberfläche an nackten Stellen und die Lufttemperatur variieren. Wollte man sich völlig nackt dieselbe Behaglichkeit wie durch die Kleidung verschaffen, so würden wir also eine Stube in verschiedenem Grade heizen müssen. Ich habe dies in Analogie zu obigen Versuchen unter Benutzung derselben Versuchsperson getan und gefunden: die Ausstrahlung bei $15^0 = 100$ gesetzt, sinkt

bei einer Temperatur von	23^0	auf 69^0
„ „ „ „	29^0	„ 56^0
„ „ „ „	32^0	„ 31^0

Die Kleidung vermindert oben den Verlust von 100^0 auf 30^0. Dies kommt einer Temperaturwirkung von 32^0 gleich, was in der Tat der Behaglichkeitsgrenze entspricht.

Indem die Kleidung einen Wärmeschutz ausübt und uns gewissermaßen über die umgebende Temperatur erhebt, uns in ein wärmeres Klima versetzt, ändert sie zugleich auch die Art unserer Wärmeregulation; schon von mittleren Temperaturen, $16-20^0$ ab, sieht man mit Steigen der Luftwärme auch die Wasserdampfausscheidung steigen. Die Wärmehaltung der Kleidung kann daher, ohne auf die Beziehung der Haut als Organ der Wasserdampfausscheidung Rücksicht zu nehmen, nicht erledigt werden.

Außer dieser Wirkung muß also die Kleidung auch noch die Funktionen der Haut in tunlichst zweckmäßiger Weise vonstatten gehen lassen, die wichtigste dieser Funktionen ist die Wasserabgabe. Bei allen Temperaturen kommen zeitweise Steigerungen des Kraftwechsels vor, entweder durch die vermehrte Wärmebildung nach der Mahlzeit, vor allem aber durch die Leistung mechanischer Arbeit. Diese vermehrte Wärmebildung beansprucht zwar nicht immer eine Vermehrung der Wasserdampfabgabe, sondern es kann sehr wohl auch ohne eine solche die Wärme nach außen gelangen, indem die Hauttemperatur gesteigert wird, von kleinen Zuwächsen der Wasserverdampfung durch Mehrung der lebhafteren Atmung abgesehen.

Die Regel bildet aber die Inanspruchnahme erhöhter Verdunstung und nur diese und nicht die Bildung tropfbar flüssigen Schweißes ist die rationellste Art der Entwärmung. Der schnell verdunstende Schweiß hinterläßt in der Kleidung stets seine festen Bestandteile, Kochsalz, Harnstoff usw.

Als individuelles Moment macht sich Fettleibigkeit und Magerkeit, erstere als schweißsteigernder, letztere als trocken-entwärmender Faktor geltend.

Die Funktion der Kleidung muß daher in dem Sinne wirken, daß sie in möglichst weiten Extremen die Verdunstung zustande kommen läßt; nur dann ist die Leistungsfähigkeit und Bewegungsfähigkeit des Menschen und Arbeitslust eine normale und maximale.

Der Weg der Feuchtigkeit durch die Kleidung ist im allgemeinen der,

daß in den einzelnen Schichten eine verschiedene Feuchtigkeit der eingeschlossenen Luft vorhanden ist, worauf zuerst Clas Linroth (Ztschr. f. Biol. 1881, XVII, 184) aufmerksam gemacht hat. Diese Beobachtung ist zunächst der Ausdruck der ungleichen Temperaturen der Luft in der Kleidung. Denken wir uns Luft von einheitlicher absoluter Feuchtigkeit in ihr verteilt, so folgt schon aus dem Temperaturgefälle, das wir oben erwähnt haben, daß die relative Feuchtigkeit von der Haut nach außen zunehmen muß, ja es erklärt sich daraus auch die paradoxe Tatsache, daß die Kleider, wenn man sie am Körper trägt, weniger Feuchtigkeit einschließen, als wenn man sie auszieht und unbenutzt im Zimmer liegen läßt. Die Luft in der Kleidung ist wärmer wie die Luft der Stube, und wie diese im Winter stets trockener ist, als die Luft im Freien, so ist auch die Kleiderluft wärmer und trotz der Wasserdampfabgabe von der Haut wieder trockener als die Stubenluft. Hochwarm und sehr trocken ist also die Charakteristik des Kleidungsklimas.

Die Kleidungsluft erfordert aber zum Verständnis der Kleidungsfunktion noch eine eingehendere Besprechung. Ich habe zuerst beobachtet, daß sie einen von der Zimmer- und Umgebungsluft abweichenden Kohlensäuregehalt besitzt. Die Kohlensäure stammt aus der Hautatmung und wandert durch die Kleidung hindurch.

Die Menge der aus der Haut ausgeschiedenen Kohlensäure ist innerhalb sehr weiter Temperaturgrenzen so gut wie konstant, übersteigt aber die Hauttemperatur 33^0 unter Abgabe von Schweiß, so steigt die Kohlensäureausatmung rasch an. Die Kleiderluft ist nie in völliger Ruhe, sie zirkuliert, wird aus der Atmosphäre durch frische Luft ersetzt. Der prozentige Gehalt der Kleiderluft an Kohlensäure ist je nach dieser Ventilation schwankend und kann geradezu zur Berechnung der Größe des Luftaustausches verwertet werden. Je luftdurchgängiger die Kleidung ist, je lebhafter die Windströmungen oder Bewegungen des Körpers, um so niedriger wird der Kohlensäuregehalt. Durch einen lockeren Sommeranzug gingen bei warmem Wetter und beim Aufenthalte in der Stube 935 Liter Luft pro Stunde hindurch, nach dem Anziehen eines weniger luftdurchgängigen Leinenhemdes nur 534, und als ein Sommerpaletot darüber angezogen wurde, 526 Liter (Schierbeck, 1893, Arch. f. Hyg. XVI, 203; Wolpert, ibid. 1896, XXVII, 291).

Die Luft ist in der Kleidung leicht beweglich; bei einer Arbeitsleistung und beim Marschieren nimmt der Kohlensäuregehalt wegen der stärkeren Tätigkeit der Schweißdrüsen zu (s. Wolpert, Arch. f. Hyg. 1899, XXXVI, 299). Wind von 0,28 m p. 1″ vermindert bereits den Kohlensäuregehalt in poröser Kleidung, was das leichte Eindringen der Luft beweist. Einzelne Personen und Kleidungsstücke haben einen verschiedenen Kohlensäuregehalt, weil sie eine verschiedene Ventilation besitzen. Die Kleidungsluft führt also den Wasserdampf direkt nach außen, bis durch eine Steigerung der Wasserdampfproduktion in hoher Temperatur oder der Wärmeproduktion dieses Mittel der Entwärmung versagt und die Einlagerung von tropfbar flüssigem Wasser beginnt. Wird eine sehr reichliche Kleidung getragen, mehr als für das Wärmeverhältnis der Umgebung notwendig ist, so führt auch dies zur Behinderung der Ventilation, weil dann die Triebkräfte für die Lüftung, die Temperaturunterschiede, zu geringe sind. Die wärmehaltende Wirkung der Kleidung erweist sich uns also nach jeder Richtung hin als verständlich.

b) Die Kleidung wird aber auch dann noch getragen, wenigstens vom Kulturmenschen, wo von einer Bedeutung für den Wärmeschutz keine Rede sein kann, bei sehr hohen Temperaturen. Auch dann sind es nicht etwa nur ästhetische Gründe, sondern solche von gesundheitlicher Bedeutung. Die Kleidung schützt unsere Haut zunächst vor der Bestrahlung, namentlich der Europäer ist für die Sonnenstrahlung sehr empfindlich, da die letztere bei ihm weiter in die Tiefe dringt als beim Neger, wie wir gesehen haben. (S. 598.) Die Strahlung enthält ferner besonders auf hohen Bergen und in den Tropen einen so hohen Prozentsatz an kurzwelligen Strahlen, daß das bekannte Erythema solare unvermeidlich wäre, wenn nicht die Kleidung als schwächendes Medium dazwischen läge.

Die Kleidung schützt gegen den fortwährenden Wechsel thermischer Veränderungen, denen die Haut auch in hochwarmen Klimaten ausgesetzt sein kann. Einmal kommen da die Winde in Betracht, deren Unbeständigkeit sehr beträchtliche Schwankungen der Wärmeabgabe zur Folge hat, also stark wechselnde Anforderungen an die wärmeregulatorischen Einrichtungen stellen. An Stelle dieser wechselnden Reize setzt die einfachste Bekleidung stationäre Verhältnisse. Der auf die Haut treffende Wind hat seine Lebhaftigkeit durch die Kleidung eingebüßt, auch von dem Wärmevorrat, der in jedem Kleidungsstoff steckt, etwas aufgenommen und sich vorgewärmt.

Die Kleidung schützt gegen die direkte Berührung unserer Haut mit Fremdkörpern, sie ist ein Isolator, der uns eine große Menge von Infektionsmöglichkeiten von der Haut fern hält, weil ein direkter Kontakt ausgeschlossen wird. Sie ist weiter ein Schutz gegen Insektenstiche, welche sowohl bei Wundinfektionen, als bei der Verbreitung von Blutkrankheiten, wie der Malaria, Schlafkrankheit u. dgl., in Betracht kommen können.

Die Kleidung bei hochwarmen Temperaturen muß natürlich sorgfältig ausgewählt sein; mit Rücksicht auf die Bestrahlung wird sie hell genommen, sie muß aber vor allem trotz des Schutzes gegen störenden Wind auch wieder die Verdunstung ermöglichen. Denn diese ist unter solchen Verhältnissen entscheidend für das Wohlbefinden. Statt einer engeren Kleidung, wie sie bei mittleren und niedrigen Temperaturen getragen wird, nimmt man eine locker sitzende, die nach Bedarf leicht geschlossen und geöffnet werden kann.

In einer leichten Bekleidung steigt in hochwarmer Luft (33 °) die Hauttemperatur um 1—2 ° über die Umgebung, der Wärmeverlust auf dem Wege der Ausstrahlung ist sehr gering. Bei Arbeitsleistungen steigt die Hautwärme meist etwas mehr, bis zu 3,5 ° über die Luftwärme (Wolpert, Arch. f. Hyg. 1899, XXXVI, 299). Auch geht dabei wohl gelegentlich die Blutwärme über die Norm, wenn kräftige Arbeitsleistungen gefordert werden. Bei 34—35 ° hört die kühlende Wirkung des Windes völlig auf, darüber hinaus steigert er sogar die Hauttemperatur.

Die Bedeutung der Kleidung für die Steigerung der Wasserdampfabgabe, d. h. als Quelle der Behinderung der Wärmeabgabe auf den anderen Wegen, ergibt sich am besten aus folgenden Zahlenangaben.

Ein Erwachsener lieferte pro Stunde bei mittlerer Luftfeuchtigkeit und bei 33 ° Luftwärme:

In der Ruhe, nackt mit Wind (8 m p. 1″) . .	73 g	Wasser
In der Ruhe, Kleidung und Wind	91 g	„
In der Ruhe, nackt und windstill	112 g	„

In der Ruhe, Kleidung und windstill	127 g Wasser
In der Arbeit (20000 m/kg per Stunde), nackt und Wind	175 g "
In der Arbeit, nackt und windstill.	204 g "
In der Arbeit, Kleidung und Wind	215 g "

Die Kleidung wird also namentlich bei Arbeit leicht zu einem Hindernis für die Entwärmung und muß daher besonders sorgfältig gewählt werden (siehe auch Wolpert, Arch. f. Hyg. 1898, XXXIII, 219).

Die Haut wird bei solch hohen Temperaturen stets feucht, daher kann in den Ruhepausen die Kleidung unter Umständen eine zu starke Abkühlung mindern.

Die Ablagerung von Schweiß ist bei hohen Temperaturen meist unvermeidlich, mit Rücksicht hierauf muß die Wahl der Stoffe so getroffen werden, daß die Nässung die Poren der Kleidung nicht verschließt, das Ankleben der Stoffe an die Haut und die Zersetzung des Schweißes vermieden wird. Am wenigsten unbequem wirkt der Schweiß bei Stoffen, deren Härchen (Stützhaare) sie von der Haut isolieren. Eine einzige Lage eines glattgewebten Stoffes kann ein Hindernis für die Wasserverdunstung werden, insofern die benetzte Schicht nach der Haut zu eine mit Wasserdampf gesättigte Atmosphäre schafft, die nun ihrerseits zu profuser Schweißbildung führen muß.

Zu dem Gefühl einer starken Durchnässung einer Unterkleidung aus glattgewebten Stoffen gehört recht wenig Wasser, 40—50 g genügen vollauf, um eine ganz belästigende Wärmestauung durch Behinderung der Wasserverdunstung zu erzeugen.

Die Laienerfahrung, daß man, in Wolle gekleidet, leichter schwitze als sonst, ist ganz irrig und erklärt sich einfach aus dem Umstande, daß die meisten Leute, welche Wolle als Unterkleidung wählen, ziemlich dicke Wollstoffe wählen, woraus ohne weiteres die Wärmewirkung verständlich ist.

Dem Schwitzen geht meist bei hohen Temperaturen das Gefühl einer unangenehmen Wärme voraus und tatsächlich steigt auch die Hauttemperatur zu dieser Zeit rasch. Die innere Unruhe veranlaßt Muskelbewegungen und meist unmittelbar daran anschließend den Ausbruch des Schweißes, worauf dann sofort die Hauttemperatur auf etwa 35° sinkt (Kißkalt, Arch. f. Hyg. 1909, LXX, 37).

c) Die Kleidung schließt stets mehr oder weniger die Luft von der Haut ab. Nun sind die nackten Stellen und die bekleideten Stellen zweifellos sehr verschieden in der Widerstandskraft gegen Hitze und Kälte, was unter der Kleidung liegt, ist etwas verwöhnt, was frei liegt, ist abgehärtet; die Hautgefäße sind in der nackten Haut offenbar durch Übung leistungsfähiger. Trotz ihrer wärmeregulatorischen Aufgabe soll die Kleidung die Bespülung der Haut mit Luft erlauben, der Wärmeverlust infolge der Luftbewegung durch die Kleidung hindurch ist durchaus nicht von so geringer Bedeutung, als daß man ihn nicht durch die Wahl der Kleidung möglichst begünstigen sollte. Die Lüftungsabhärtung ist weit wirksamer als das einfache Kaltbaden und Duschen, weil sie den ganzen Tag über wirksam ist und die natürlichen Faktoren der Abkühlung mit allen ihren Eigentümlichkeiten auf die Haut wirken läßt.

d) Eine rationelle Kleidung hat endlich zur Voraussetzung, keines der Organe unseres Körpers in seiner Tätigkeit zu hemmen, insbesondere muß sie an Weichteilen so ihre Stütze finden, daß sie in keiner Weise den Blutstrom wichtiger Organe hemmt, auch dürfen die mechanischen Bewegungen eine Behinderung und Einschränkung nicht erfahren.

Die Bekleidungslehre.

Man kann bei der Bekleidung des Menschen verschiedene Formen unterscheiden: die Berufs-, die Haus-, die Straßen-, die Repräsentationskleidung und je nach dem Wärmeverhältnisse: die arktische Kleidung, die Bekleidung der gemäßigten Zone, Sommer- und Winterkleidung und Tropenkleidung. Es ist nur über diese schwankenden Verhältnisse noch recht wenig bekannt. In unseren Klimaten findet man nach meinen Erfahrungen etwa folgendes:

	Dicke in mm	Spez. Gew.	Permeabilitätskoeffizient pro 0,4 mm Wasserdruck
Hochsommerkleidung . . .	1,8	0,34	79 mm
Sommerkleidung	3,4	0,26	73 „
Frühjahr oder Herbst . . .	5,9	0,29	74 „
Winter	12,6	0,20	38 „
Sehr kalte Tage	26,0	0,13	—

Die Dickenunterschiede sind sehr erheblich, die spezifischen Gewichte nehmen mit der Dicke im allgemeinen ab, die Lüftbarkeit dadurch etwa zu. Im allgemeinen behilft sich der Wohlhabende mit einer Bekleidungsart für Temperaturgrenzen, die etwa je 10—13° umfassen.

Die Bekleidung ist bei mittleren Temperaturen im Gesamtdurchschnitt 8,6 mm dick, wiegt pro 1 cm² 0,24 g und hat 0,27 spez. Gew. Sie besteht aus 146 festen Teilen und 854 Teilen Luft und wiegt beim Manne

im Sommer	im Winter
2,5—3 kg	6—7 kg

Wir tragen im Winter $^{1}/_{10}$ unseres ganzen Körpergewichts an Kleidermasse, während ein Hund bei 4—5 kg Gewicht mit einer Haarmenge von 70 g als Winterpelz auskommt.

De Lange findet für Holland das Gewicht der modernen Männerkleidung zu 3,015 kg im Sommer, 6,4 kg im Winter, bei Leuten in einem Armenhause zu 3,09 kg, bei Fischern zu 6,23 kg (schweres Schuhwerk) bei Erdarbeitern zu 5,53 kg (Arch. f. Hyg. 1906, LVI, 393). Die Kleidung des Soldaten wiegt 4,85 kg (durchnäßt bis 8,7 kg [Müller]).

Die Kleidung hat sich überall zunächst aus den Bedürfnissen des Körperschutzes entwickelt, rein in empirischer Weise, aber nebenbei dient sie dem Schmuck, der Standesbezeichnung und anderen nebensächlichen Momenten. Die Tradition hat das eine erhalten, das andere verwischt, so prägt sich in der Kleidung natürlich nicht immer ein einheitlicher Grundgedanke, jedenfalls der hygienische nicht in erster Linie aus, und Flitterwerk und Kram erscheint oft mehr im Vordergrund als Inhalt und Wesen des Ganzen. Es gilt also, das Unwesentliche vom Wesentlichen zu scheiden und den Kern heraus zu lösen. Auf Grund unserer heutigen Kenntnisse von den

Eigenschaften der Bekleidungsstoffe ist es auch nicht schwierig, Zweckmäßiges vom Unzweckmäßigen zu scheiden.

Wir haben bei den Kleidungstoffen zunächst primäre Eigenschaften und solche, welche von der Natur des angewandten Rohmaterials abhängen: hierzu sind zu rechnen:

Die hygroskopischen Eigenschaften, die Benetzbarkeit, die elastische Kraft des Haares, der Seide, der Baumwolle- und der Leinenelemente, die Absorptionskraft für riechende Stoffe, die besonders bei der Wolle sehr entwickelt ist, das Leitungsvermögen der festen Substanz, die Quellung und Veränderung in Wasser (bei Leinen), Widerstandskraft gegen Zersetzung beim Reinigen und Waschen (Leinen, Seide und Baumwolle sind widerstandsfähiger als Wolle).

Zu den sekundären Eigenschaften rechnen wir den Luftgehalt der Gewebe, die Permeabilität, das Leitungsvermögen der Gewebe, minimalste und maximalste Wasserkapazität, kapillare Wasserhebung und den wesentlichsten Teil der Komprimierbarkeit, die Strahlung, weil von der Glättung abhängig.

Man hat die Kleidung namentlich in den letzten 50 Jahren vielfach zu reformieren gesucht und auf rein empirischem Wege solche Änderungen empfohlen. Solche Systeme wandten sich zunächst der Grundfrage zu, welche Substanzen der Gesundheit am zuträglichsten seien.

Das sogenannte Wollsystem besteht in der Empfehlung einer Bekleidung, die ausschließlich aus trikotartigen Geweben besteht. Alle anderen Gewebe, wie Futterstoffe aus Leinen oder Baumwolle, sind absolut ausgeschlossen, dies ist ein richtiger Grundzug; eine andere charakteristische Eigentümlichkeit dieser Bekleidung besteht darin, daß die Unterkleidung wärmehaltender, auch lüftbarer ist als die sonst vielfach getragenen Leinen- und Baumwollhemden; dagegen ist die Oberkleidung etwas weniger wärmehaltend als andere in Benutzung stehende Tuche und Kammgarne. Für sehr kalte Wintertage läßt sich mit den Jägerstoffen (Wollsystem) ebensowenig wie mit anderen Wollgeweben eine rationelle Kleidung zusammenstellen, weil das Kleidungsgewicht dabei zu groß wird. Für den Hochsommer wird die Wolltrikotkleidung leicht zu warm, und namentlich steht sie, was Ventilationsfähigkeit anlangt, hinter manchen anderen Geweben zurück. Der geschlossene, an der Brust meist doppelte Rock wird trotz des Wegfalls der Weste leicht zu warm und entbehrt der Regulationsfähigkeit durch das Öffnen der Kleidung.

Ein Vorzug der Anwendung von Wolle auch zur Unterkleidung liegt darin, daß die im Gefolge vermehrter Wärmeproduktion auftretende Mehrung des Wasserdampfes zunächst die Aufnahme des Wasserdampfes durch die Wolle steigert, das Leitungsvermögen auf das Doppelte erhöht, ein Prozeß, der alsbald rückgängig wird, wenn die Wasserverdunstung abnimmt. Die Wolle akkommodiert sich also den wechselnden Entwärmungsbedürfnissen recht gut, auch bei Schweißeinlagerung nimmt das Wärmeleitungsvermögen der Wollgewebe weniger rasch zu, als bei glattem Leinen und bei Baumwolle, ferner wird ein Ankleben der Stoffe vermieden, endlich die der Haut zunächst gelegenen Partien bei der guten Lüftbarkeit der Wolle schnell wieder getrocknet. Ungünstig ist bei Wollgewebe dessen Veränderung durch warmes oder heißes Wasser. Daß Wolle die Unreinlichkeit befördert, ist unrichtig.

Das Leinensystem will auch die ganze Bekleidung des Menschen mit diesem Grundstoffe durchführen; es leidet an völliger Unklarheit über die Art der anzuwendenden Stoffe. Teils will man grobe Bauernleinwand empfehlen, teils besondere Stoffe, die etwa mit Leinentrikot identisch sind. Mit Leinen allein läßt sich aber weder eine gute Winterkleidung, noch auch eine allen Ansprüchen zusagende Sommerkleidung herstellen. Innerhalb eines begrenzten Gebietes kann man ja von diesen Geweben Gebrauch machen, so zur Bekleidung im Hochsommer oder unter Verhältnissen, die diesen ähnlich sind; bei Schweißsekretion aber zeigen gerade die Leinenkleidungen alle sehr unbequeme und ungünstige Eigenschaften.

Reformen der Unterkleidung an sich sind mehrfach empfohlen worden. Der Verbesserung bedürftig ist in der Tat die gewöhnliche Art der Unterkleidung sehr. Die Hauptkalamität bei der Verwendung dünner glatter Gewebe aus vegetabilischen Fasern liegt nicht nur in den Grundeigenschaften dieser Gewebe, ihrer Dichte, Ventilationslosigkeit und der kapillaren Saugkraft, sondern noch mehr in den Präparationsmethoden, denen man sie nach der jedesmaligen Reinigung unterzieht, begründet.

Das Leinenhemd oder Baumwollhemd des Mannes ist an der Brust meist durch eine Doppellage verstärkt, soweit es ungefähr wegen des Ausschnittes der Weste frei liegt. Diese sichtbaren Teile des Hemdes werden gebügelt und gestärkt und bis zu einem gewissen Grade kann auch diese Bearbeitung unter dem Gesichtspunkte einer Schutzmaßregel, welche die erkältende Wirkung des Windes lindern soll, aufgefaßt werden. Nach einer anderen wichtigen Seite hin ist sie aber ein Schaden, weil die natürliche Lüftung der Haut zu allen Zeiten gehemmt und aufgehoben ist. Die Luftundurchgängigkeit aber bedingt die Ansammlung von Feuchtigkeit, die sich bereits bei mäßig hohen Temperaturen zu Schweiß kondensiert, den Stoff weich macht und dessen Zusammenfalten und Anlegen an die Haut bedingt, während unter den gleichen Bedingungen ein luftiger Stoff dem Entweichen des Wasserdampfes keine Schwierigkeiten bereitet.

Es gibt ja freilich Fälle, in denen die Hauttätigkeit eine sehr geringe ist, so beim Ruhenden bei mittleren Temperaturen, wo sich die unangenehmen Störungen gestärkter Wäsche weniger offenkundig bemerkbar machen, aber vorhanden sind sie eben doch.

Man hat vielfach versucht, an Stelle des gestärkten Hemdes die ungestärkten anzuwenden und erkennt den Vorteil größerer Luftigkeit an. Der ungestärkte Stoff ist auch weicher, zeigt die Tendenz zur Faltenbildung und ist, ohne die Lüftbarkeit dabei einzubüßen, auch wärmer. Ein Baumwollstoff braucht nicht als weniger gut angesehen zu werden als Leinen, und auch glatte Seide läßt sich verwenden, wenn man diesen Luxus sich erlauben will. Auch das Plätten des Hemdes ist eine Ursache, warum es in den gewöhnlichen glattgewebten Hemden so oft zur vollkommenen Durchnässung und zum Anlegen an die Haut kommt.

Die genannten glatten Gewebe sind sämtlich zu wenig permeabel. Diesen Übelstand kann man nie dadurch beseitigen, daß man eine luftigere Oberkleidung trägt, denn auch diese Anordnung würde ein Vordringen der Luft bis an die Haut nicht ermöglichen. Der Träger einer solchen Kleidung wird den geringen Luftwechsel nicht fühlen und sich an die unzweckmäßige Kleidung, welche bei Bewegungen leicht das Gefühl der Schwüle erzeugt

und bei steigender relativer Feuchtigkeit in der Atmosphäre gar bald zu Durchnässungen führt, akkommodieren.

Die erste den Körper deckende Schicht soll nicht dünn sein, weil es sonst unbedingt bei geringfügigen Durchnässungen zum Anliegen des Stoffes kommt. In dieser Hinsicht sind fast alle glatten Gewebe aus Leinen und Baumwolle ungenügend. Wenn man solche glatte Gewebe tragen will, so wähle man die dickeren derselben aus und solche mit starkem Faden.

Alles in allem genommen zeigt sich die ältere Bekleidungsweise nicht als zweckmäßig.

Die bei glatten, dünnen Leinen- und Baumwollstoffen in den Sommermonaten so häufige Durchnässung des Hemdes, das störende Ankleben, Nässe und Kältegefühl in solcher Kleidung hat dahin geführt, daß unter dem Hemde Unterhemden getragen werden, die als Isolierschicht das Gefühl der Nässe und Kälte beseitigen sollen. Besonders sind Netzjacken im Gebrauche, sie gelten als eine für Sommer und Hochsommer besonders geeignete Bekleidungsweise. Ihren Zweck, die Haut vor den nassen Hemden zu schützen, erreichen sie nur dann, wenn sie nicht zu weitmaschig sind und wenn das Gewebe der Netzstoffe selbst ein anderes ist als das Gewebe des Hemdes. Einen absolut sicheren Schutz gegen das Gefühl von Kühle und Kälte beim Tragen der durchnäßten Stoffe am Leibe bietet keines dieser Gewebe. Bei der Konstruktion derselben hat man sogar einen Mißgriff getan. Man wollte etwas schaffen, was die Haut vor Nässe schützt, dabei aber nicht beachtet, daß der Netzstoff an sich ein Gewebe ist, das wärmehaltend wirken muß und, zur Sommerkleidung hinzugefügt, deren schweißtreibende Wirkung vermehrt.

Der Netzstoff ist an sich schon von nicht unbeträchtlicher Dicke. Der Luftreichtum beträgt etwa 93,2 Proz. Ein Leinenhemdstoff hat 0,748 spezifisches Gewicht und wiegt per Quadratzentimeter mehr als doppelt so viel wie der Netzstoff, die Poren machen nur 42,5 Proz. des Stoffes aus. Wir müssen aber Hemd und Netzstoff als eine einheitliche Kombination betrachten, dann findet man ein spezifisches Gewicht von 0,206, das ist noch größer als das des Wolltrikots oder Baumwolltrikots. Die Dicke der Gesamtgewebe ist auf 1,236 mm gestiegen, sie ist also bedeutender, als die des Woll- und Baumwolltrikots. Wir kommen zu dem Schlusse, daß diese Netzstoffe zusammen mit glattem Leinen und Baumwolle an Dicke und spezifischem Gewichte in nichts von den Trikotgeweben sich unterscheiden. Ein wichtiges Moment zur Entscheidung über die Zweckmäßigkeit der Netzjacken und die Größe ihres Einflusses bietet die Betrachtung der Lüftungsverhältnisse.

Durch den Netzstoff erreichen wir allerdings einen ziemlich erheblichen Luftreichtum. Aber trotzdem ist diese Einrichtung unzweckmäßig. Man fährt besser, wenn man an Stelle dieser Kombination direkt ein Trikotgewebe anlegt. Das Netz und der Netzstoff mildert nur die Unannehmlichkeit der Nässeempfindung; dagegen vermag es die störende Überflutung der Haut mit Schweiß nicht zu hindern.

Durchnäßt sich also die kombinierte Unterkleidung, so schließt das Leinen- oder Baumwollhemd alle Poren und quillt auf. Der Netzstoff selbst kann natürlich nur innerhalb seines Gewebes einen Teil der Poren schließen, während die großen Öffnungen für die Luftzirkulation unverändert bleiben. Der Netzstoff nimmt kapillar ungemein schnell das Wasser auf und die Flüssigkeit wandert in den aufliegenden glattgewebten Leinen- oder Baum-

wollstoff hinein. Von diesem Moment ab ist für das darunter liegende Gewebe jede Ventilation ausgeschlossen und es beginnt die Luft mit Wasser gesättigt zu bleiben. In einer aus Leinen- und Netzstoff bestehenden Kombination findet also weniger Wasser Platz als in einer entsprechenden Menge des Trikotgewebes.

Die Vorteile der Netzjacken sind also durchaus nicht so bedeutend, sie werden aber des billigen Anschaffungspreises wegen immer eine gewisse Stellung behaupten.

Aus ähnlichen Gesichtspunkten, die zur Wahl der Netzstoffe geführt haben, ist man auch zur Anwendung der sogenannten Unterhemden gekommen. Sie werden aus allen möglichen Geweben hergestellt; der Wollflanell, der Wolltrikot, Kaschmir, Baumwolltrikot, Kreppstoffe und eine Unzahl anderer Gewebe kommen im Handel vor. Auch diese Kombination widerspricht dem Gesetze der Homogenität der Kleidung. In der Ventilation stellt sich also auch im trockenen Zustand die kombinierte Unterkleidung als ebenso schlecht dar wie das einfache Leinen- oder Baumwollhemd. Die Stagnation des Wasserdampfes bleibt dieselbe in beiden Fällen.

Gewisse Vorteile liegen nur für den Träger einer solchen Kombination für den Fall des Schwitzens vor. Der Schweiß wird, wenn er in geringer Menge erzeugt wird, zunächst von dem Unterhemde abgefangen und zurückgehalten; erreicht er aber das Oberhemd, so ist auch beim ungestärkten Material jedwede Ventilation ausgeschlossen, bis die Verdunstung im Oberhemde so weit vorgeschritten ist, daß die Poren sich aufs neue öffnen. Die Dauer der Durchnässung ist eine langwährende, und in dieser Zeit befindet sich der Träger einer derartigen Bekleidung wie in einem Schwitzbade.

Für den Winter und sehr kalte Tage und für solche Personen, welche nicht in die Lage kommen, viele Arbeit zu leisten und Schweiß zu sezernieren, machen sich die Nachteile nicht so sehr geltend, aber auch unter günstigsten Verhältnissen ist die Luft unter dem Leinen- oder Baumwollhemde immer feuchter als bei einem der Ventilation zugänglichen Gewebe, und die Grenze, innerhalb welcher körperliche Leistungen ohne Bildung tropfbaren Schweißes möglich sind, wird immer enger, wie wenn ein Leinen- oder Baumwollenhemd fehlt.

Weit rationeller ist es, wenn an Stelle des glatten Leinen oder Baumwollhemdes mit oder ohne Kombination mit Netz- und Unterjacken nur ein Trikothemd getragen wird. Das bedeutet gegenüber den Halbreformen, die wir eben besprochen haben, immerhin einen großen Fortschritt. Die sich hieraus ergebende Konsequenz ist nun die, daß die Weste der Männer geschlossen werden muß, damit die Krawatte den einzigen Abschluß zwischen Kragen und Weste bildet. Als solchen porösen Stoff für das Hemd kann man den Wolltrikot wählen; die übliche doppelte Lage Stoff an der Vorderseite der Brust ist für die meisten Menschen ganz entbehrlich. Beanstandet könnte für den Sommer nur allenfalls der Umstand werden, daß die meisten Sorten etwas dick, und die feinsten etwas weniger porös sind als die dickeren, und daß das Wolltrikot beim Waschen meist dichter (und kürzer) wird. Die Industrie könnte die berührten Übelstände wohl überwinden.

Nach mancher Richtung hin wird an Stelle des Wolltrikots der Baumwolltrikot empfohlen. Ein Baumwolltrikot fühlt sich im ersten Moment des Anlegens immer kühler an als ein Woll- oder Seidenhemd, weil der Kontakt der Baumwolle mit der Haut ein inniger ist, wodurch eine der spezi-

fischen Wärme des Kleidungsstückes entsprechende Abkühlung erfolgt. Der Baumwolltrikot dehnt sich im Gebrauch unter Abnahme seiner Dicke und Erweiterung der Maschenräume.

Mit den Trikotgeweben und ähnlichen porösen Stoffen können, vom feinen Leinen abgesehen, fast alle Bedürfnisse einer Unterkleidung hinsichtlich der Wärmehaltung befriedigt werden, selbst die Wolle wird in Dicken hergestellt, die ein gröberes Leinen nicht übertreffen. Ich gebe in Nachstehendem eine Übersicht der Untersuchung verschiedener Handelswaren hinsichtlich des Wärmedurchgangs bei den nachstehend verzeichneten Dicken gemessen in gr/kal pro 1 qcm pro 1^0 Temperaturdifferenz der Begrenzungsflächen und pro 1″).

	Dicke in mm	Wärmedurchgang in gr/kal
Leinenhemd	0,230	$5795 \cdot 10^{-7}$
Grobes Leinen	0,442	2717 „
Feinster Wolltrikot	0,462	2056 „
Leinentrikot (Kneipp)	0,965	836 „
Mischgewebe (Vodel)	1,000	664 „
Baumwolltrikot (Lahmann)	1,010	994 „
Seidentrikot	1,16	726 „
Wolltrikot (Jäger)	1,250	567 „
Baumwolltrikot (Lahmann)	1,310	776 „
Wolltrikot (Jäger)	1,88	479 „
Baumwolltrikot (Lahmann)	1,92	495 „
Wolltrikot	2,37	370 „

Der Laie, der sich irgendeine Unterkleidung aussucht, beurteilt den Wärmeeffekt nach seiner Empfindung und bezieht diese auf die Natur des Stoffes, während sie, wie man sieht, sehr häufig nur eine Wirkung der ungleichen Dicke oder Dichte ist. (Die Dichte ist in der Tabelle nicht weiter aufgeführt.) Entsprechend dem dünnsten Wolltrikot kommen auch Leinen und Baumwolltrikots vor. Wir haben bei den Trikotstoffen den großen Vorteil, daß man sie in besonders großer Dicke herzustellen in der Lage ist, gerade die dickeren derselben zeigen sogar rationellere Verhältnisse des Luftgehalts als die dünnen. Aber auch in anderer Richtung empfiehlt sich der Schritt zur porösen Unterkleidung, weil sie dadurch mit der Oberkleidung erst homogen wird.

Die Beziehung der Wolle zur hygroskopischen Feuchtigkeit und der dadurch erfolgenden Regulation des Wärmeabflusses habe ich schon oben angegeben, aber auch hinsichtlich der Schweißeinlagen selbst sind die hochporösen den glattgewebten überlegen, sowohl was den Porenverschluß und die Ventilationsänderung betrifft, als auch hinsichtlich des Wärmesturzes bei der Benetzung. Die Zerlegung des Schweißes erfolgt in der Wolle nur langsam und im Baumwolltrikot jedenfalls langsamer als in gewöhnlicher Baumwolle und im Leinen.

Der prinzipiellste und praktisch wichtigste Unterschied betrifft die Lüftbarkeit. Diese bedeutet Abhärtung der Haut beim Aufenthalt im Freien und in bewegter Luft, sie bedeutet Desodorisierung der Kleidung, ungestörte Verdunstung bis an die Hautschicht heran, unbeschränkte Arbeitsleistung. In dieser Lüftungsgröße sind meist die Baumwolltrikots etwas günstiger

gestellt als die Wolltrikots, weil die Fäden an sich schärfer gesponnen sind, und daneben größere Hohlräume bleiben, während bei Wolle der Raum gleichmäßiger mit Fasern gefüllt ist.

So fand Verfasser den Permeabilitätskoeffizienten (bei 0,42 mm Wasserdruck)

bei Baumwolltrikot = 1,1 Sek.
„ Wolltrikot = 5,7 „

Dafür entbehrt aber die Baumwolle der bereits erwähnten Selbstregulation der Wolle bei zunehmender relativer Feuchtigkeit, durch welche das Bedürfnis der Wasserverdunstung hinausgeschoben wird. Die Änderungen im Wärmedurchgang sind mehr plötzlich, was als unangenehm empfunden werden kann.

Der Baumwolltrikot ist nach den beschriebenen Eigenschaften eine Verbesserung der sonstigen Art der getragenen glatten Baumwoll- und Leinenhemden; für den Sommer kann geltend gemacht werden, daß er wenig am Körper klebt. Allerdings trifft dies in vollstem Maße nur für das neue Gewebe zu. Bei starker Schweißbildung sickert das Wasser allmählich nach abwärts und kann zu starker Durchnässung solcher Hautpartien führen, welche leicht durch die Bewegung beim Gehen oder lebhaftem Marschieren wund zu werden pflegen. Hinsichtlich der Reinigung bei der Wäsche verträgt Trikot aus Baumwolle gröbere Eingriffe und höhere Temperaturen wie der Wolltrikot; büßt aber doch allmählich an Weichheit ein und verändert namentlich die Form, zieht sich nach der Länge.

Leinentrikots sind verhältnismäßig dicht und wenig komprimierbar, hart; und namentlich zeigt sich beim Tragen, daß man an stark frottierten Stellen beim Marschieren an der Haut durchgerieben und wund wird.

Seidentrikots sind haltbar, von schönem Aussehen, stehen im Wärmeleitungsvermögen der Wolle sehr nahe. Die Seide steht in Elastizität und Komprimierbarkeit der Wolle nur wenig nach, der Baumwolle und dem Leinen entschieden voran. Auch eine gewisse Rauhigkeit verschafft dem Seidentrikot eine behagliche Isolierschicht zwischen Haut und Gewebe, das durch seine sonstigen Eigenschaften mit Vorteil Verwendung finden könnte und namentlich da versucht werden könnte, wo Wolle des Hautreizes wegen nicht am Platze scheint.

Kleidungsstoffe, welche aus zwei oder mehreren Grundstoffen gewebt sind, gibt es viele; sie sind gerade bei der Unterkleidung sehr im Handel verbreitet und es bilden namentlich die Woll-Baumwollfabrikate eine wichtige Konkurrenz für Reinwolle.

Durch Mischungen von Grundstoffen erhält man bei sorgfältiger Mengung ein Produkt, was z. B. im Leitungsvermögen gerade dem Mittelwert der Komponenten entspricht. Aber die Mischungen können als fertige Gewebe in ihrem physikalischen Aufbau und den sonstigen Eigentümlichkeiten mehr die Vorzüge des einen oder die Nachteile des anderen Komponenten gewinnen.

Das Mischen von Grundstoffen ist keine Maßregel, die man nur vom Standpunkte der Herstellung einer möglichst billigen Ware auffassen muß, sondern die Beimengung von Leinen, Baumwolle, Seide und Wolle usw. kann den beabsichtigten Zweck erfüllen, das Leitungsvermögen eines zu wärmehaltenden Gewebes zu erniedrigen, um es der Sommerkleidung anzupassen oder aber, es kann ein solcher Zusatz notwendig werden, um Dehnen oder

Schrumpfen zu verhüten, oder um einem sonst zu weichen und zerreißbaren Stoff die nötige Festigkeit zu geben. Gewebe aus Stoffmischungen verhalten sich in mancher Hinsicht wie die Legierungen bei den Metallen. Man gibt manchem Edelmetall einen Zusatz, um dasselbe im Gebrauche widerstandsfähiger zu machen.

Ein Mischgewebe dieser Art ist der Vodelsche Stoff, aus Wolle, Leinen, Baumwolle hergestellt; 0,75—1 mm dick, entspricht er den üblichen Trikots, er ist aber ein gewebter Stoff. Bei 0,164 spezifischem Gewichte und bei 89 Proz. Luftgehalt zeigt er eine sehr große Luftdurchgängigkeit, welche aber nicht in demselben Maße wie beim Baumwolltrikot unangenehm empfunden wird. Die beigewebte Wolle gibt eine genügende Isolierung des Stoffes von der Berührung mit der Haut. Der benetzte Stoff füllt nur wenig Poren mit Wasser. Wenn das Gewebe im Sommer schweißbenetzt ist, trocknet es ungemein rasch wieder, ohne unangenehme Kälteempfindung an der Haut aufkommen zu lassen.

Zur Oberkleidung kann man sich in unserem Klima durchweg auch der porösen Wollstoffe, der Kammgarnstoffe bedienen, auch für den Sommer. Die Drilliche und Leinenstoffe, welche für den Sommer ab und zu benutzt werden, sind durchaus nicht so permeabel als wünschenswert wäre und haben mit Bezug auf den Schweiß durch ihr Aufsaugungsvermögen für kapillares Wasser recht unbequeme Eigenschaften.

Von den Wollstoffen empfehlen sich die geschorenen Tuche weniger als die Kammgarnstoffe und einfachen Loden. Ein sehr fühlbarer Mangel besteht für die Bekleidung darin, daß die Industrie so wenig Interesse an der Konstruktion sanitärer Gewebe nimmt, insbesonders fehlt es fast vollkommen an rationellen, leichten und zugleich porösen Futterstoffen.

Die Teilung der Männerkleidung in Hose, Rock, Weste erscheint praktisch, weil sie die Möglichkeit bietet durch Schließen und Öffnen der Kleidungsstücke, ferner durch das Weglassen der Weste, des Rocks im Bedarfsfalle sehr mannigfache Abstufungen für die Entwärmung durchzuführen. Der Arbeiter verfolgt stets das Ziel, so viel von der Kleidung abzulegen, daß er nicht schwitzt, das ist eine gute empirische Regel, denn es erspart dem Menschen vielerlei Schattenseiten der Kleidung.

Nur dort, wo aus gesellschaftlichen Gründen oder dienstlichen Erwägungen (Militär) usw. das Ablegen der Kleidungsstücke unmöglich oder beschränkt ist, entstehen auch die Beschwerden der Überwärmung, gelegentliche Steigerungen der Temperatur und Hitzschlagfälle.

Die Einbürgerung des Sportes hat bei uns auch in weiten Kreisen das Verständnis wachgerufen, daß sich eine Bekleidungsform nicht für alle Lebensbedürfnisse eignet. Für die verschiedenen Formen des Sportes bilden sich tatsächlich neue Kleidungsformen heraus, welche zum großen Teil zweckmäßig sind und eine gute Rückwirkung auf die sonstige Durchschnittsbekleidung äußern. Schon heute ist die Sommerbekleidung bei einem großen Teil der Bevölkerung viel brauchbarer, als sie es vor ein paar Jahrzehnten gewesen ist, ebenso wird der Wintersport zum Verständnis für luftige und zugleich warme Kleidung beitragen.

Die Kleidung muß, wenn sie gesund sein soll, der Körperform angepaßt sein, soll weder zu schlottrig noch zu enge sein.

Zu enge Kragen führen zur Stauung in den Gefäßen, der weite Ausschnitt am Halse (bei der Marine) im Winter zur Vermehrung der Er-

kältungskrankheiten, ein enger Leibriemen zur Einschnürung der Bauchorgane, das enggeschnürte Korsett zur Deformierung des Brustkorbes, der Leber, des Magens, zur Atmungsstörung und Magenleiden, Anämie, Druckatrophie der Leber, Störung des Gallenabflusses. Das Korsett kann durch ein Leibchen, das zur Befestigung der Röcke dient, ersetzt werden. Stark angezogene Hosenträger können die Schultern herabdrücken, ähnliches sieht man bei Mädchen, wenn die ganze Last der Röcke wie bei den Knaben an Tragbändern ruht. Eng anliegende Strumpfbänder können zu venöser Stauung, auch zur Usur der darunterliegenden Knochen führen.

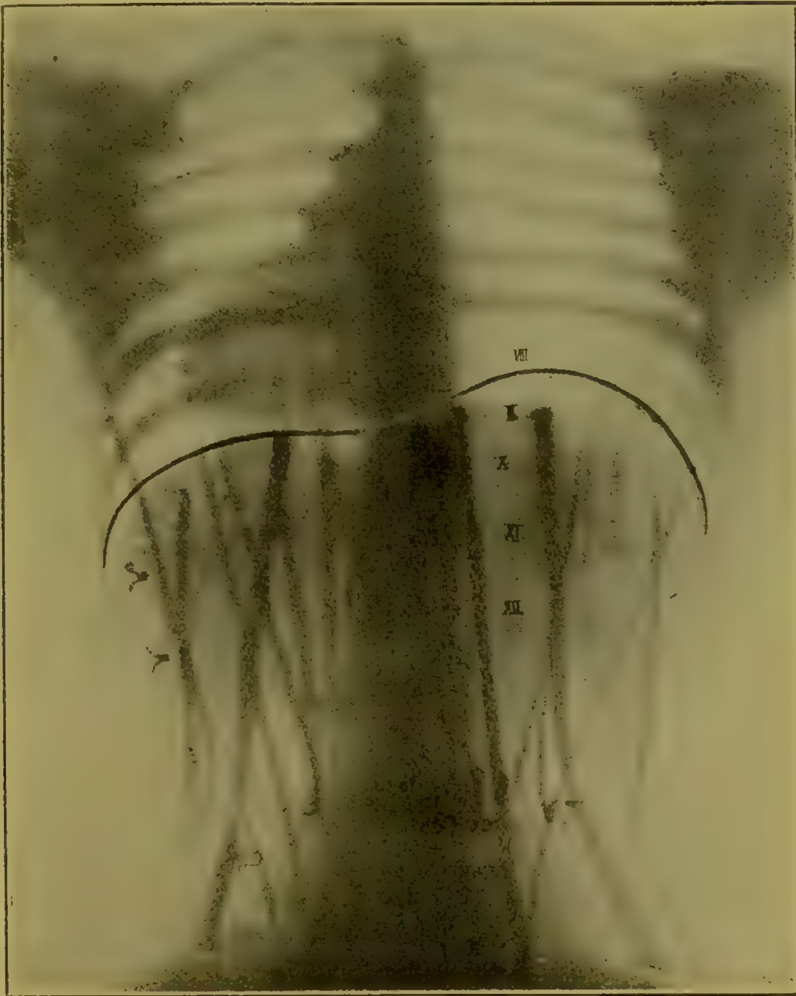


Fig. 98.

In den letzten zwei Jahrzehnten haben sich namentlich die Frauen um eine Verbesserung ihrer Kleidung bemüht. (Eine gute Zusammenstellung dieser Materie findet sich in der Hygiene der Kleidung von Prof. Heinrich und Frau Anna Jäger, Stuttgart, bei Moritz, 1906, S. 115, Bibliothek der Gesundheitspflege.)

Nicht nur die Art der Stoffe, die man als Kleidung trägt, ist wichtig, sondern auch wieviel oder wie wenig Stoffe man anwendet. Die Kleidung kann quantitativ zu gering oder zu reichlich sein. Die schlecht Bekleideten sind im allgemeinen magere Leute, und wenn es ihre soziale Lage erlaubt, meist Leute von reichlichem Appetit. Viel häufiger ist die Verweichlichung und das Übermaß der Kleidung mit der allgemeinen

Folge einer habituellen Steigerung der Wasserdampfabgabe. Dies vor allem dann, wenn es sich um eine lockere Kleidung handelt.

Sehr häufig ist aber der Fehler des Zuviel auch noch mit unzweckmäßiger Wahl der Stoffe, nämlich schwer lüftbaren verbunden. Dann führt die Wärme und die Ventilationsarmut zu permanenter Schwitzneigung und reichlicher Ablagerung von Schweiß. Solche Leute kommen aus unangenehmen Empfindungen gar nicht heraus. Kleidung, welche zur Unterdrückung der Hemmung der Wasserdampfablage neigt, macht sich, noch lange bevor es zur wirklichen Ablagerung tropfbar flüssigen Schweißes

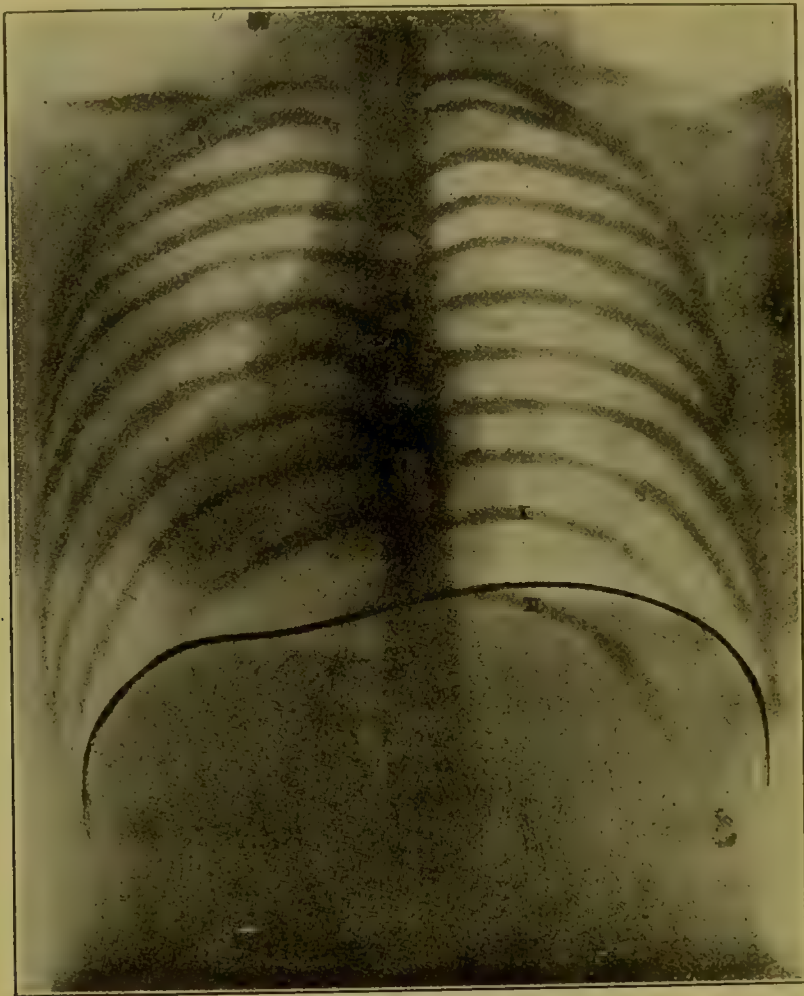


Fig. 99.

kommt, durch ein Bangigkeitsgefühl bemerkbar. Solche Personen sind arbeitsunlustig, jede Bewegung macht ihnen heiß. Die nackten Stellen, die vikariierend für die Entwärmung sorgen müssen, sind lebhaft injiziert, die Haut unter der Kleidung ist fortwährend feucht. Sie neigen daher zu Erkältungen, sowohl seitens der Halsorgane, oder auch unter Umständen der bedeckten Haut selbst, wenn diese einmal zur Kälteempfindung gezwungen wird. Hier kann also nur Änderung der Kleidung helfen, lüftbar muß sie sein, so weit das nur mit der wärmehaltenden Wirkung verträglich ist. Eine Kleidung, deren wärmehaltende Wirkung trotz lebhafter Ventilation erhalten bleibt, ist jeder anderen vorzuziehen.

Winddicht muß die Kleidung nur an den exponierten Stellen bei

solchen Leuten sein, die ständig einer starken Luftpressung ausgesetzt sind, wie z. B. Kutscher, Chauffeure usw.

In welcher Weise bei Benetzung der Kleidung durch Schweiß dies am besten ertragen wird, habe ich schon oben auseinandergesetzt.

Eine gute und rationelle Kleidung soll stationär sein, d. h. nicht durch zufällige Momente rasch ihre Eigenschaft ändern, das wird am besten erreicht, wenn nicht zu vielerlei Lagen von Stoffen, sondern wenige und dickere gewählt werden, wodurch die zufällige Bildung von Falten und Hohlräumen, die ständig wechseln, vermieden wird.

Die Kleidung soll homogen sein, d. h. aus gleichheitlich lüftbaren Stoffen bestehen, es schadet aber auch nicht, wenn die Unterkleidung lockerer und luftiger ist als die Oberkleidung. Leider ist zumeist das Gegenteil der Fall.

Die Kleidung ist mitunter berufen, uns gegen den Regen zu schützen. Diese Aufgabe erfüllen die gewöhnlichen Bekleidungsstoffe schlecht, denn sie saugen sich bald voll Wasser. Der rationellste Schutz ist natürlich der Schirm, der das Wasser ganz abhält. Als Aushilfe benutzt man die Imprägnierung der Stoffe (s. o. S. 591), deren Nachteile schon berührt wurden. Völlig wasserdichte Stoffe sind die Gummigewebe, sie haben aber den Nachteil, daß sie keinen Wasserdampf hindurchlassen, eignen sich also zur Bekleidung nur, wenn sie locker sind und den Luftdurchzug gestatten, oder wenn überhaupt nur wenig Wasserdampf gebildet wird, an kühlen Tagen, bei Seefahrten usw. Gegen die Verwendung einzelner Gummiteile, Gummihalskragen und Manschetten ist nicht viel einzuwenden, da die gestärkten Halskragen und Manschetten genau ebenso luftundurchgängig sind wie Gummi.

Die Regulierung der Kleidermenge nach den Jahreszeiten kann in zwei Weisen geschehen, einmal so, daß man für den Winter — abgesehen von den Zusatzkleidungsstücken (Überzieher, Pelze), die beim Aufenthalt im Freien notwendig sind — die Oberkleidung etwas dicker und wärmehaltender nimmt, oder so, daß man die Unterkleidung ändert, oder endlich in der Weise, daß beide Teile, Ober- und Unterkleidung geändert werden. Eine Änderung ist für uns meist nötig, weil wir die Stuben in den Wintermonaten fühlbar weniger warm finden. Es zeigt zwar das Thermometer Wärmegrade, die uns im Sommer vollkommen genügen würden, allein im Winter haben wir stets trockene Luft in den Stuben, und das Thermometer gibt uns nur die Lufttemperatur an, während die auch auf uns einwirkenden Wandungstemperaturen ganz erheblich niedrigere sein können.

Eine rationelle gute Kleidung wird durchweg auch die leichteste sein, was mitunter von Belang sein wird.

Eine rationelle Kleidung bietet dem Körper nicht nur Behaglichkeit, sondern sie ist auch ein Mittel zur Hebung der Gesundheit.

Zum Begriff einer vollkommenen Gesundheit gehört auch die harmonische Ausbildung unseres Muskelsystems, welche nur durch die Übung dieser Organe erzielt wird. Von der Kleidung hängt nun wesentlich auch die Lust und Bewegungsmöglichkeit ab, sie trägt also indirekt zur Hebung unserer Leistungsfähigkeit bei. Die Kleidung ist ferner ein Mittel zur Abhärtung und Hautpflege, wie wir schon erwähnt haben.

Indem die Kleidung Lust zur Tätigkeit wecken kann und, wenn sie

absichtlich unzureichend genommen wird, auf anderen Wegen den Stoffumsatz mehrt, darf man in einer bestimmt geordneten Bekleidungsweise auch ein Mittel der diätetischen Heilmethode sehen. Eine den Bedürfnissen nach Wärmeschutz nicht ganz entsprechende Kleidung wird ähnlich wirken wie ein kühles Bad, und selbst wenn man die Mehrung des Wärmeverlustes nicht allzusehr steigert, wird man mit der Kleidung doch gewisse Erfolge erzielen können, weil sich diese Wirkung auf eine weit längere Zeit ausdehnen läßt als ein kühles Bad, das naturgemäß nur von kurzer Dauer sein kann.

Für die Fettentziehung, eventuell auch zur Sparung von Fettverbrauch kann also die Kleidung ebenso verwendet werden wie andere wärmeentziehende und -sparende Mittel.

Die Kopfbekleidung, die Fußbekleidung, das Bett.

Einige Bekleidungseinrichtungen müssen wegen ihrer Besonderheiten noch für sich betrachtet werden.

Die Kopfbedeckung hat zu verschiedenen Jahreszeiten verschiedene Aufgaben zu erfüllen, wie auch in verschiedenen Klimaten. Die Aufgabe ist Schutz gegen Regen, Kälte und Sonnenschein. Die zur Konstruktion angewandten Stoffe sind Pelze, Tuche (für Mützen), Filze, Kork, Leder, Stroh, also Materalien von verschiedenen Eigenschaften.

Das Wärmeleitungsvermögen einiger hierher gehöriger Körper ist:

	Spez. Gew.	Leitungskonstante für vorstehendes spez. Gewicht
Rindsleder	0,714	$1055 \cdot 10^{-8}$ g/kal
Alaungares Leder	0,352	707 „ „
Kork	0,143	704 „ „
Wollfilz	0,209	662 „ „

(Rubner, Arch. f. Hyg. XXI, 1894, S. 228).

Alle Materialien gehören ihrer Grundsubstanz nach zu den schlechtleitenden, bieten also Schutz gegen Abkühlung und Wärmezufuhr, für die Sommer- und Winterextreme kommen uns also dieselben Eigenschaften zugute. Jedoch erfordern die Körperfunktionen noch besondere Beachtung, die Wasserverdunstung ist im Winter gering, im Sommer groß, auch ist der Wärmeentziehung leichter und ohne Kunst zu begegnen als dem Einstrom der Hitze unter dem Einfluß der strahlenden Sonnenglut in den Tropen.

Als bestes Mittel hat sich bisher der meist mit weißem Leinen überzogene Korkhelm bewährt, der an seiner Rückseite ein schützendes Nackentuch zur Abhaltung der Bestrahlung vom Halse führt.

Ein Übelstand fast aller Kopfbedeckungen ist ihre ungenügende Ventilation, wodurch sich namentlich bei hoher Temperatur alsbald Schweiß ansammelt. In warmen Klimaten soll diese ständige Anhäufung der feuchten Luft unter der Kopfbedeckung zu Kahlköpfigkeit führen.

Man ersieht die ungleiche Lüftungsfähigkeit am besten aus den Kohlensäurewerten, welche die Luft innerhalb der Kopfbedeckung annimmt. Bei 13,4° und 53 Proz. Feuchtigkeit betrug der Kohlensäuregehalt der Luft der Kopfbedeckung mehr als der Umgebung:

bei einem Strohhut	+ 0,065	Proz.
bei einem weichen Filzhut	+ 0,106	„
bei einem steifen Filzhut	+ 0,197	„
bei einem Zylinder	+ 0,209	„
bei einer Pelzmütze	0,233	„
bei einem Helm		
mit offener Ventilation	0,630	„
bei geschlossener Ventilation . . .	1,022	„

(Wolpert, Arch. f. Hyg. XXVII, 1896, S. 304).

Man sieht also, daß auch die Kopfbedeckung vor allem mit Rücksicht auf die Lüftbarkeit reformbedürftig ist.

Ein wichtiger Teil unserer Bekleidung ist das Schuhwerk, schlechtes Schuhwerk erzeugt Nagelkrankheiten, Schwielen, Hühneraugen, Veränderungen des Fußskeletts, Drehung und Übereinanderlagern der Zehen.



Fig. 100.

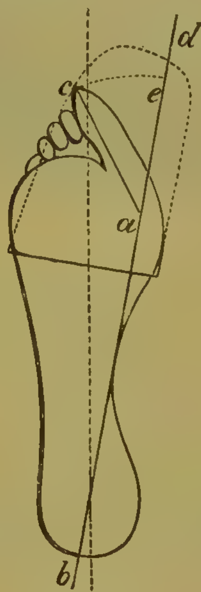


Fig. 101.

Mit Rücksicht auf den anatomischen Bau des Fußes ist schon Peter Kamper im Jahre 1772 für ein rationelles Schuhwerk eingetreten, doch auch heute noch werden immer wieder Fabrikate hergestellt, welche den Anforderungen dieser Gesichtspunkte widersprechen; für jeden Fuß ist die Sohle besonders zuzuschneiden, sie ist richtig geformt, wenn eine Linie, welche um die halbe Breite der großen Zehe abstehend, von dem vorderen Teile des inneren Sohlenrandes parallel mit dieser gezogen wird, in ihrer Fortsetzung durch den Mittelpunkt des Absatzes geht. Fig. 100 gibt die normale Stellung der großen Zehe eines Erwachsenen. Wie der Schnitt bei anormaler Stellung auszusehen hat, um den abgelenkten Zehen allmählich die Rückkehr in die Normallage zu gestatten, zeigt uns Fig. 101. e ist der Ablenkungswinkel der großen Zehe. Da sich das Fußgewölbe bei dem Auftreten verflacht, der Fuß sich verlängert und etwas verbreitert, muß der Sohle der entsprechende Spielraum gewährt werden.

Vom Schwerpunkt des ganzen Körpers, welcher im Promontorium liegt, trifft das Lot etwas vor der die beiden (Sprung-)Fußgelenke verbindenden Linie den Boden; der Körper hat also die Tendenz, etwas nach vorne über-

zufallen, was die Wadenmuskeln, der Tibialis posticus, die Zehenbeuger, der Peroneus longus et brevis verhindern. Das Fußgewölbe berührt den Boden mit drei Punkten, dem Tuber calcanei, Capitulum ossis metatarsi

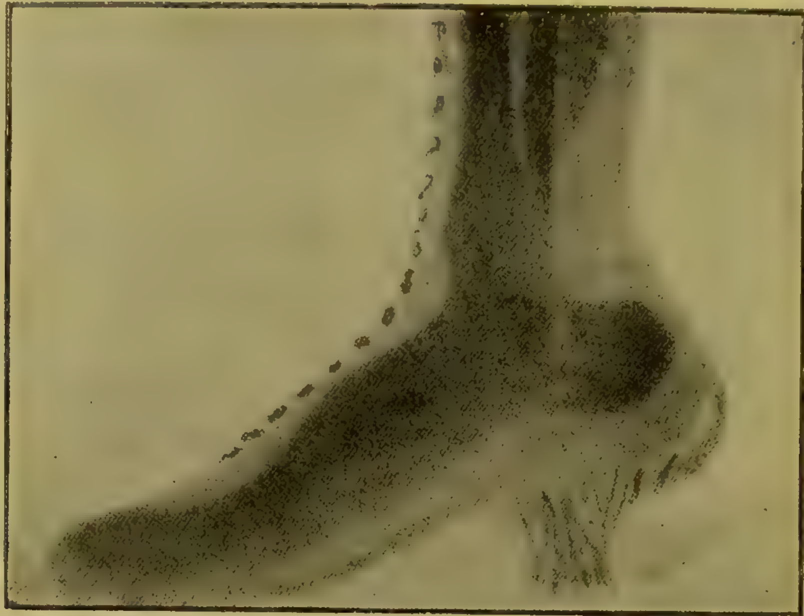


Fig. 102.

primi et quinti. Die Körperlast trifft den höchsten Punkt des Fußgewölbes, das Capitulum tali, die Zehen spielen bei diesem Stehen mit dem bloßen Fuße keine Rolle, oder doch nur die einer sekundären Beihilfe zur Balancierung. Der Druck auf den Fuß ist etwas stärker als auf die anderen Unterstützungspunkte.



Fig. 103.

Ungemein wichtig für das Gehen ist die große Zehe, denn auf sie konzentriert sich allmählich der Druck des ganzen Körpers. Der Fuß bis zur Zehe macht fast die Bewegung eines Radstückes. Die Linie, welche diese

Bewegung beschreibt, beginnt in der Mitte des Ballens des Fußes, geht von da zum Kleinzehenballen, um dann zum Großzehenballen und zur großen Zehe überzuspringen (s. auch Fig. 104).

Das Schuhwerk ist fast ausnahmslos mit Absätzen versehen, je höher derselbe, um so mehr rückt der Treffpunkt der Schwerlinie am Fuße nach vorne; dies ist notwendig, wenn Lasten (Tornister) bequem getragen werden sollen. In demselben Maße wie die Höhe der Hacken zunimmt, verringert sich auch die Fläche der Sohle, welche mit dem Boden im Kontakt steht, was von thermischer Bedeutung ist. Weder der ganz niedrige englische Hacken, noch der sehr hohe französische Absatz treffen das Richtige, ein mittelhoher Absatz ist das Zweckentsprechendste, fördert auch den elastischen Gang und das bequeme Gehen. Die Stellung des Fußes im Schuhwerk zeigen nachfolgende Röntgenaufnahmen für hohen Hacken und einen mittlerer Größe. Um die Zehen vor Stößen zu bewahren, wird die Sohle an der Spitze etwas aufgebogen. — Sehr wichtig ist die Befestigungsweise des Schuhwerkes am Fuße. Der Fuß hat nicht stets das gleiche Volumen, im Sommer ist dasselbe stets größer, weil mehr Blut in die Haut strömt, als im Winter; bei langem Marschieren nimmt stets das Volumen zu; es muß also eine Befestigungsweise gewählt werden, die allen Bedürfnissen genügen kann. Hierbei ist noch in Betracht zu ziehen, daß das Schuhwerk vor Nässe, Beschmutzung der Beine, Eindringen von Sand, vor Stößen des Knöchels schützen muß. Das niedrige Schuhwerk (Halbschuhe) ist aus diesen Gründen unzweckmäßig, namentlich Frauen verunreinigen sich bei nassem Wetter die Füße weit über den Knöchel hinauf.

Die Befestigung des Schuhwerks durch Gummizüge ist völlig zu verwerfen, anfänglich hindern sie die Blutzirkulation, schließen ziemlich luftdicht ab, später dehnt sich Gummi über Gebühr, dann gleitet der Fuß nach vorne und die Zehen nehmen wie in Halbschuhen und dergleichen eine Krallenstellung an. Das Knöpfen erlaubt keine Variation der Weite und Enge, das einzig Rationelle ist das Schnüren, da man es dabei völlig in der Hand hat, gleichmäßig den Druck zu verteilen und nach Bedarf zu variieren. Der Fuß sitzt gleichmäßig auf der Sohle und das Vorwärtsgleiten ist so gut wie ausgeschlossen.

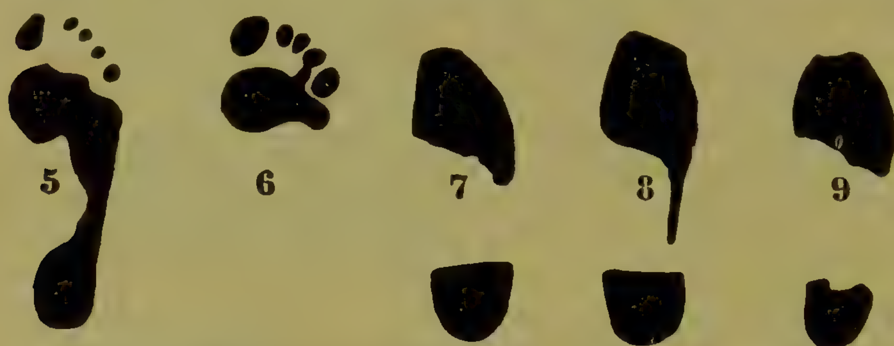
Das Schuhwerk soll den Fuß vor Feuchtigkeit bewahren, dazu dienen die verschiedenen Fette und Öle, mit denen sich Leder gut verbindet, es soll nun weiter vor Kälte schützen und im Sommer gegen den heißen Boden, der Temperaturen bis 50 und 60° erreichen kann, isolieren. Durch Gewöhnung kann man auch mit bloßen Füßen Nässe, Kälte, Wärme ziemlich gut ertragen lernen, aber es besteht die große Gefahr der Infektion bei Verletzungen der Haut. Das Schuhwerk ist seiner Natur nach zusammen mit den Strümpfen ein elastisches Polster, das die grobe Belästigung durch die Rauhigkeiten des Bodens ausschließt und die Leistungsfähigkeit im Marschieren erhöht, außerdem die Last des beim Gehen gewissermaßen fallenden Körpers mildert und aufhebt. Der Fuß muß ebenso wie alle übrigen Teile der Haut durch Wasserdampfabgabe sich an der Wasserverdunstung beteiligen, ja er wie die Hände sind sogar sehr reich an Schweißdrüsen und vermögen daher eine erhebliche Menge von Wasser zu verdunsten.

Es ist unsere Aufgabe, an der Hand der Eigenschaften der zum Schuhwerk benützten Stoffe und der Konstruktion derselben zu erläutern, unter

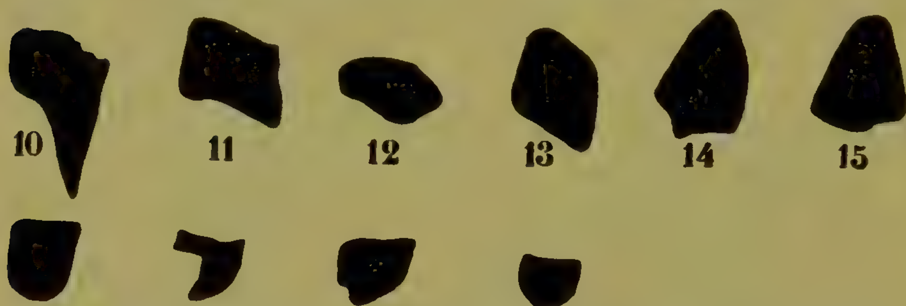
welchen Umständen die Funktionen am besten sichergestellt werden. (Rubner, Arch. f. Hyg. XXXI, 1897, S. 231; Nothwang, ebd. XV, 1892, S. 314; Lewaschew, ebd. XXXI, 1897, S. 259.)



1 u. 2 betrifft den Fuß nackt. 3 Die Springspur nackt. 4 Strumpfbekleidung.



5 Strumpfbekleidung. 6 Fuß in Vorwärtsbewegung. 7 Schnürschuh, englisch. 8 Hausschuh. 9 Schnürschuh, deutsch.



10 Hausschuh. 11 Stumpfer Zugstiefel. 12 Spitzer Zugstiefel. 13 Gut sitzender Stiefel. 14 Fuß in Vorwärtsbewegung (13). 15 Desgleichen mit Beschuhung.

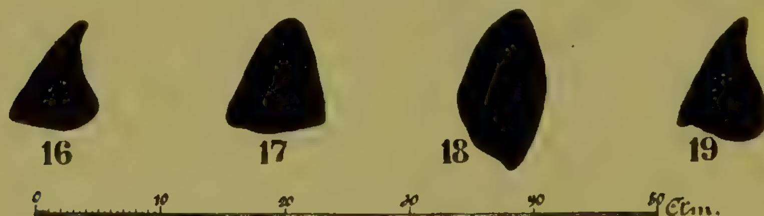


Fig. 104.

Das Schuhwerk besteht selten nur aus Tuch, Filz, Holz, Gummi, meist aus gegerbtem Leder oder aus einer Ledersohle, die oft mit mancherlei Surrogaten (Kork, Pappe) als Einlagen „verfälscht" ist, während der obere Teil aus Segeltuch oder anderem tuchartigen Material hergestellt wird. Die

Fütterung wird mit alaungarem oder sämischem Leder, Leinen, Wolle, Flanell und Pelzwerk ausgeführt. Wir beschränken uns auf die Erörterung des aus Leder hergestellten Schuhwerks. Normalerweise ist der Fuß im Schuh von Strümpfen bekleidet.

Das zur Beschuhung verwendete Leder (Rindsleder und Kalbsleder) besteht aus der eigentlichen Ledersubstanz, 10—50 Proz. Fett, etwas Luft und hygroskopischem Wasser. Das getragene Leder ist meist von Schweißbestandteilen (ClNa) stark durchsetzt.

Alle zur Fußbekleidung verwendeten Materialien haben eine ziemlich erhebliche Dicke, die oft durch mehrere Lagen an der Sohle noch weiter gesteigert wird. Das lohgare Leder unterscheidet sich von allen anderen Bekleidungsstoffen durch seine hohe Widerstandskraft. Dem Wasser gegenüber verhält es sich weit indifferenter als Kleidungsstoffe; auch im völlig trockenen Zustand ist es noch gut elastisch. Alaungares Leder saugt Wasser auf und das ölgare und Sämischleder verhält sich in dieser Hinsicht wie ein Schwamm; beide dienen daher nur als Futter. Das lohgare Sohlenleder schließt häufig noch viel Luft ein (bis 42 Proz.), solange es nicht durch Fettung künstlich wasserfrei gemacht worden ist. Alaun- und Sämischleder enthalten ebensoviel Luft wie Trikotstoffe. Der Wollfilz hat einen etwas höheren, der Haarfilz einen etwas kleineren Luftgehalt.

Die Dicke des Schuhwerks ist sehr ungleich; für den Mann findet sich etwa folgendes:

Dicke in Millimetern:

Absatz	Sohle	Oberleder	Strümpfe
20—30	11	1,0	1—3

Lohgares Leder leitet die Wärme bei gleicher Dichte ebenso schlecht wie Loden; Gummi, Wollfilz, Haarfilz verhält sich ganz ähnlich wie Loden. Nur die Surrogate, wie Kork und Lederpappe, leiten besser und stehen auf einer Stufe mit den groben Leinenstoffen.

Für das natürliche spez. Gew. aber, auf gleiche Dicke gerechnet, findet man das Leitungsvermögen (reelles Leitungsvermögen) wie folgt:

	Spez. Gew.	Wärmeleitung
Leinentrikot . .	—	$1523 \cdot 10^{-8}$ g/kal
Gummi	1,34	1369 „ „
Leinen	—	1199 „ „
Lederpappe	0,505	1078 „ „
Lohgares Rindsleder .	0,714	1055 „ „
Baumwolltrikot .	—	1002 „ „
Haarfilz	0,313	775 „ „
Alaungares Leder . .	0,352	707 „ „
Kork	0,143	704 „ „
Wolltrikot . . .	—	676 „ „
Wollfilz	0,209	662 „ „
Sämischleder	0,189	637 „ „

Das Leitungsvermögen weicht also bei all diesen Stoffen nur so weit ab, als auch die gewirkten, zu Strümpfen verwendeten Substanzen untereinander verschieden sind.

Legt man die wirkliche Dicke der Teile des Schuhwerks zugrunde, so erhält man für den absoluten Wärmedurchgang für 1 cm^2, 1^0 Temperaturdifferenz und 1 Sekunde:

beim Oberleder . . . . . . 1161 · 10^{-7} g/kal
bei der Sohle . . . . . . 105 „ „
beim Absatz . . . . 39 „ „

Die Größe des Wärmeverlustes ist natürlich abhängig von der Größe der vorhandenen Temperaturdifferenzen. Beim Oberleder kommt die Lufttemperatur in Betracht. Das Schuhwerk verhält sich wie die Kleidung, es ist an der Oberfläche wärmer als die Luft. Die Wärme der Innenseite des Leders hängt von der Wärmezufuhr der Strümpfe ab. Im Mittel fand sich am Oberleder:

	Außen	Innen	Differenz
Bei 10° Lufttemperatur	19,2°	27,4°	9,2°
„ 15° „	22,3°	29,6°	7,3°
„ 17,5° „	23,9°	30,3°	6,4°
„ 26,0° „	28,2°	30,4°	2,2°

Der Verlust der Sohle wird bestimmt durch die Differenz der Bodentemperatur und der Temperatur zwischen Sohle und Strumpf. Bei 20° Lufttemperatur hatte der Boden 19,7° und die Innentemperatur war 23,1° = 3,8° Differenz, bei 24,1° Lufttemperatur war die Temperatur am Ballen zwischen Leder und Strumpf 25,1°, und die äußere Lederfläche 23,7° = 1,4° Differenz, während am Spann die Temperatur höher war. Die untere Fläche des Fußes war also niedriger temperiert als der Spann. Es dauert sehr lange, ehe sich die niedrigen Temperaturen von der Sohle aus fühlbar machen. Die Wärmeabgabe ist an beiden Füßen symmetrisch. Zwischen Haut und Strumpf betrug in obigen Versuchen die Temperatur 31°, am Spann 32,9. Von der Sohle wird also weniger Wärme im allgemeinen verloren als durch das Oberleder.

Der Wärmeverlust durch Leitung nach dem Boden hängt ganz von der Kontaktfläche mit ersterem ab, und diese ist je nach der Art des Absatzes sehr verschieden, wie man aus obenstehender Figur ersieht (Fig. 104). Bei dem englischen Schuhschnitt ist die Kontaktfläche die größte, bei hohem Absatz minder groß. Lockeres Schuhwerk ist, weil es mehr Luft einschließt, etwas wärmer als enges, auch deshalb, weil letzteres den Blutstrom am Eindringen hindert.

Wie wir schon aus den Temperaturverhältnissen ersehen haben, ist der Strumpf eine wesentliche Beihilfe bei der Wärmehaltung, er ist gewirkt und in seinen thermischen und sonstigen Eigenschaften mit den Trikotgeweben identisch, 0,7—3,2 mm dick, mit einem spezifischen Gewicht von 0,325 (Leinen) bis 0,180 (Wolle) und einem Luftgehalt von 75—88 Proz. (nähere Angaben finden sich bei Rubner, Arch. f. Hyg. XXXI, l. c.). Vergleicht man die häufigst vorkommenden Strumpfarten auf den absoluten Wärmedurchgang bei natürlicher Dicke (p. 1 Quadratzentimeter 1° Temperaturdifferenz und 1″), so findet sich:

	Dicke	Wärmedurchgang
Leinenstrumpf	0,3 mm	3935 · 10^{-7}
Baumwollstrumpf	0,74 „	1283 „
Vigognestrumpf	1,06 „	835 „
Leinenstrumpf, rechts und links gestrickt .	1,417 „	555 „
Wollstrumpf	2,700 „	251 „
Wollstrumpf, rechts und links gestrickt .	3,210 „	195 „

Die Unterschiede der Dicke betragen das Zehnfache, die des Leitungsvermögens das Zwanzigfache, letzteres deshalb, weil das sogenannte Rechts- und Linksstricken die Gewirke sehr luftreich macht.

Durch direkte kalorimetrische Messung ließ sich nachweisen, daß durch Schuhe und Strümpfe der Verlust an Wärme gegenüber dem bloßen Fuß von 100 auf 10 heruntergeht (Nothwang, l. c., S. 323), durch das Schuhwerk allein von 100 auf 15. Den Hauptanteil an der Wärmehaltung hat demnach das erstere.

Beim Gehen, Steigen, Laufen, Springen wird der Körper periodisch gehoben und fällt von seiner Hubhöhe nieder auf den Boden. In unelastischer Fußbekleidung wirken alle Stöße empfindlich auf den Körper, es entstehen Schwielen, Schürfungen, Reizungen der Sohlenhaut, Brennen und Unfähigkeit zu weiterem Marsche. Die wechselnde Berührung der kalten Lederflächen ruft unangenehme Empfindungen hervor.

Vor all diesen unbequemen Erscheinungen schützt nur die Komprimierbarkeit der Stoffe, die um so wirksamer ist, je dicker die Schichten der komprimierbaren Stoffe sind. Auch das starr erscheinende Rindsleder gibt dem Drucke nach, weicher ist alaungares Leder und sehr weich das sämische. Pappe ist wenig komprimierbar, Gummi weniger nachgiebig als Leder. Wollfilz und Haarfilz sind besonders gut komprimierbar. Die Strümpfe unterstützen das Lederwerk in seiner Rolle als elastisches Polster.

Das Einlegen in Öl hat beim Leder besondere Veränderungen in der Komprimierbarkeit nicht erkennen lassen, es wird aber zweifellos biegsamer.

Schutz gegen äußere Feuchtigkeit bietet das Leder durch seinen meist sehr hohen Fettgehalt. Die Einfettung erhöht die Wärmeleitungsfähigkeit, aber wesentlich weniger als die Benetzung mit Wasser. Da aber fettes Leder das Wasser an seiner Oberfläche nicht festhält, d. h. völlig wasserdicht ist, so fällt die Wasserverdunstung von der Oberfläche des benetzten Schuhes, die sonst sehr wärmeentziehend wirken kann, ganz beiseite.

Die Luft im Schuhwerk ist die feuchteste der gesamten Bekleidung. Daher kommt es auch leicht zur Einlagerung von Schweiß und nachträglich zur Zersetzung desselben. Wollgewebe lassen den Schweiß leichter nach dem Leder weiter wandern als andere. Hinsichtlich der Wasseraufnahmefähigkeit verhält sich das Strumpfwerk genau wie Trikotgewebe, von dem wir schon früher gesprochen haben. Auch in benetztem Zustande (minimalste Wasserkapazität) sind 47—62 Proz. an Luft vorhanden. Wolle, Leinen, ungebleichte Baumwolle enthalten weniger zersetzten Schweiß als gewöhnliche Baumwolle und Seide. Leinen und Baumwolle geben das durch die Zersetzung des Harnstoffs des Schweißes erzeugte Ammoniak leichter ab als die übrigen Stoffe.

Die Lüftung des Schuhwerks erfolgt durch die Fußbewegungen, durch welche Luft eingesaugt und ausgetrieben wird.

Wir können zur Versinnbildlichung der Lüftung des Schuhwerks uns an den Kohlensäuregehalt der Luft in den Schuhen halten, der um so mehr steigen wird, je schlechter die Ventilation ist. Wolpert hat als Kohlensäurezuwachs gefunden:

beim Pantoffel	+ 0,102	Proz.
„ Schnürschuh . . .	+ 0,287	„
„ Halbschuh	+ 0,364	„
„ Zugstiefel	+ 0,668	„

Der Schnürschuh lüftet also, vom Pantoffel abgesehen, am besten; die Lederverschiebungen wirken bei ihm pumpenartig am günstigsten.

Das Bett kann für mindestens 1/3 des Lebens als „Bekleidung" gerechnet werden; es muß geräumig sein. Man kann sich auch im Bett durch zu reichliche Wärmebehinderung verwöhnen. Leute, welche in übermäßig warmer Kleidung zu leben gewohnt sind, setzen diese Gewohnheit auch im Bette fort. Sehr günstiges Material für die Unterlage bilden die Roßhaare, weil sie sehr elastisch sind und auch beim Druck nicht die Luft verlieren. Die Metallfedern haben die Aufgabe, einen Teil des auf der Matratze lastenden Druckes in sich aufzunehmen und dementsprechend die Roßhaarpolsterung zu entlasten, die dann lufthaltig bleibt. Als Bedeckung können Decken aus Wolle, Eiderdaunen (dünne Lagen) benutzt werden. Die Lüftung des Bettes ist unter diesen Umständen eine sehr gute.

Die Temperatur wird meist zwischen Haut und Decke an 32—33° betragen. Als Überzug wählt man Leinen, da dieses widerstandsfähig in der Wäsche ist und das Eindringen von Schweiß in die tieferen Schichten hemmt. Trotz alledem ist es nötig, bei Kopfkissen zeitweise die Federn durch Waschen zu reinigen.

Verunreinigung und Reinigung der Wäsche und Kleidung.

Die Kleider werden sowohl vom Körper her als auch von außen verschmutzt, doch sind hier viele Unterschiede gegeben. Bei rauher Oberfläche bleibt natürlich der von außen sich auflagernde Staub leicht liegen oder es werden durch Berührung mit der Kleidung auch flüssige Schmutzstoffe eingerieben und haften fest. Die Haut ist auch meist reich an Bakterien, bisweilen sogar der Sitz von Krankheiten, Auswurf gelangt mit der Kleidung in Berührung, durch schmutzige Taschentücher infizieren sich die Kleider gleichfalls. Auf die Bedeutung der Kleidung als Infektionsmittel kann an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden.

Eine Quelle der Verschmutzung der Unterkleidung namentlich ist die Hautausscheidung, der Harn und der Kot. Die Hautausscheidung besteht aus dem Sekret der Talgdrüsen, abgeschilferter Epidermis und dem Schweiß, die in ihrer Vereinigung eine große Neigung zur Zersetzung und Bildung übelriechender Produkte haben. Diese letzteren werden besonders dann wahrnehmbar, wenn die Kleider regendurchnäßt waren und trocknen, es destillieren mit dem Wasserdampf die riechenden Produkte ab und mengen sich der Luft bei. Frische Luft, die durch die Kleider weht, desodorisiert in weitgehendem Maße.

Die Verschmutzung trifft nicht allein die Unterkleidung, sondern auch der Oberkleidung.

Die Harnverschmutzung ist auch nicht unbedeutend, am geringsten meist bei Männern. Eine Hauptquelle der Verschmutzung ist nach unveröffentlichten Versuchen des Verfassers der Kot, der keineswegs nur die anliegenden Partien trifft, sondern durch Eintrocknen und Abschilfen bis in die Strümpfe gelangt. Trotz täglicher Waschung des Körpers bildet die Kotverschmutzung (auch für die Frage der Infektion ist dies wichtig) den Hauptgrund der Unreinlichkeit der Unterkleider. Sie läßt sich völlig vermeiden durch Einlegen reiner Watte, welche ohne weitere Mittel genügend fest liegen bleibt, aber natürlich nach jedem Stuhlgang erneuert werden muß. Dies Verfahren bietet den Vorteil, daß auch das Wundgehen, das

hauptsächlich auf die Kotverunreinigung zurückzuführen ist, vollkommen ausgeschlossen wird, speziell fettleibigen Personen kann dies Verfahren von großem Nutzen sein.

Die Schweißverschmutzung verhält sich nach Untersuchungen von Cramer so, daß sich auf 100 Teile Schweiß in den Strümpfen 30 Teile im Hemd und 12 Teile in den Unterhosen finden (Cramer, Arch. f. Hyg. 1890, X, 231).

Die Reinigung der Kleidung geschieht durch die Wäsche (über Desinfektion s. später), aber nicht nur die Unterkleidung, auch die Oberkleidung muß ab und zu gewaschen werden.

Leinen, Baumwolle und Seide vertragen eine hohe Temperatur, Wolle kann nicht in heißem Wasser gewaschen werden, auch ist für alle porösen Stoffe darauf zu achten, daß bei hartem Wasser sich die Kalkseifen in den Poren fangen, sie verstopfen und der Wäsche beim Lagern eine gelbe Farbe und einen unangenehmen Geruch verleihen.

Eigenschaften der Kleidung durch besondere Zubereitungen.

(Giftige Farbstoffe, wasserdichte Kleidung, Flammenschutzmittel.)

Die Anwendung giftiger Farben bei den Kleidungsstoffen dürfte zu den großen Seltenheiten gehören. Es wird angegeben, daß Arsen in grünem Tarlatan, blauem Foulard, Strümpfen, Hutloden, Unterfutterstoffen, Bettvorhängen, glänzenden Manschetten und Kragen aus Papier gefunden worden sei, doch kann das kaum heute noch als wahrscheinlich bezeichnet werden. Pflanzliche und tierische Farbstoffe sind jedenfalls vollkommen unschädlich; nur da, wo vorheriges Beizen mit Antimon üblich ist, könnten Bedenken vorliegen. Früher waren die Anilin- und Teerfarbstoffe wegen ihres Quecksilber- und Arsengehalts mit Recht gefürchtet. Die nach neuern Verfahren hergestellten Farben dieser Gruppe sind jedoch giftfrei. Die Angabe, daß Pikrinsäure, Dinitrokresol und deren Verbindungen (Viktoriaorange, Martiusgelb, Safranin usw.), die bei innerlichem Gebrauch sich als giftig erweisen, als Kleidungsstoffe auch schädlich wirken können, ist nicht sichergestellt. Das Auftreten von Ekzemen nach dem Tragen rotgefärbter Gewebe, das Kayser und Bischoff angegeben haben, ist auf einen Gehalt an Arsen, in anderen Fällen (Sendtner) auf Antimon zurückzuführen gewesen.

Schädliche Metalle sollten auch zum Beschweren der Seide, zu Beizen und zu Farbstoffen für die Bekleidung nicht verwendet werden. Gegen die Verwendung von Chromblei haben Lehmann, Weyl und Schuler sich ausgesprochen.

Über den Einfluß des Wasserdichtmachens der Stoffe wurde schon früher (s. S. 617) gesprochen, mit dem Hinweis, wie sehr dadurch die Luftdurchgängigkeit leidet. Es wird angegeben, daß die letztere nur um 3—11 Proz. eingeschränkt werde, dies ist aber nicht richtig. Auch wenn man von den gummierten Geweben absieht, ist mitunter die Einbuße so bedeutend, daß an warmen Tagen der Gebrauch mancher dieser Handelswaren ganz ausgeschlossen ist, was auf Mängeln der technischen Ausführung beruht (siehe auch Hiller, Deutsche militärärztl. Ztschr. 1888, Heft 1).

Die verschiedenen Stoffe sind in verschiedenem Grade entflammbar und brennbar, pflanzliche im allgemeinen leichter entzündlich als tierische. Sehr feuergefährlich ist Hanf, Jute, Werg; Appretur und Färbung spielen eine

Rolle. Mit Schwefelquecksilber oder Schwefelblei appretierte Stoffe brennen leicht, besonders aber Stoffe, die Zinkoxyd, Chromgelb, Chromorange, Mennige enthalten.

Man hat (besonders für Ballett- und Ballkostüme, überhaupt für Theaterzwecke) Flammenschutzmittel angegeben. So das schwefelsaure Ammoniak (Gay-Lussac); es zerlegt sich aber und zerstört durch freiwerdende Schwefelsäure die Stoffe. Auch das Tränken der Stoffe mit Bleiessig und nachheriges Einlegen in Wasserglas, wobei kieselsaures Blei sich bildet, ist benutzt worden (Abel). (Siehe Handbuch der technischen Chemie von Kerl und Stohmann, VI, 1085 u. VII, 2362.)

Unter den Flammenschutzmitteln haben sich am besten bewährt: 1. phosphorsaures Ammoniak, 2. dasselbe mit Salmiak gemengt, 3. wolframsaures Natron. Phosphorsaures Ammoniak greift die Gewebe am wenigsten an.

Körperübungen.

Von

Ferdinand Hueppe in Prag.

Körperübungen [1].

Unter den Lebensverhältnissen von Naturvölkern ist Pflege der Körperübungen selbstverständlich, weil von der körperlichen Tüchtigkeit die Existenz des Menschen abhängt. Je nach der Umwelt wechseln unter diesen Verhältnissen die Körperübungen mannigfaltig, und man kann schon nach der äußeren Erscheinung die seefahrenden, die bergbewohnenden, die Wander- und Reitervölker unterscheiden und daraus erkennen, daß die Art des Betriebes der Körperübungen selbst unter natürlichen Verhältnissen von größtem Einflusse auf die Ausbildungsmöglichkeit der menschlichen Gestalt ist.

Bei den Kulturvölkern tritt eine größere Differenzierung ein, und die Bewegungsbedürfnisse der verschiedenen Berufsklassen gehen auseinander. Die Klasse oder Kaste der Krieger muß körperlich tüchtig sein und sucht dies durch planmäßige Pflege der für den Kriegsdienst erforderlichen Übungen zu erreichen, die aber auch in den Friedenszeiten zum Zeitvertreib und zu Wettspielen dienen und so Sport im Doppelsinne von Unterhaltung und Körperübung bilden. Von hier bis zur idealen Wertung für Jugend- und Volkserziehung durch Verknüpfung mit ästhetischen und künstlerischen Bestrebungen, von Sport zu Gymnastik, war aber noch ein weiter Weg zurückzulegen. Wenn die Körperübungen nur aus kriegerischen Gesichtspunkten getrieben werden, verhindert die Vielseitigkeit der kriegerischen Anforderungen ein gar zu starkes Hervortreten von Extremen.

Das volle Verständnis für die Bedeutung einer harmonischen körperlichen Erziehung zu Tüchtigkeit, Schönheit und Gesundheit hat von allen Völkern nur das griechische entwickelt [2].

Dieses System enthielt durchaus nicht alle damals betriebenen Übungen, über deren der unsrigen nur wenig nachstehende Mannigfaltigkeit kürzlich erst wieder Jüthner [3] eine kritische Arbeit lieferte. Als zusammenfassendes System aber war es eine auf tiefer Einsicht beruhende „Quintessenz“ aller damals betriebenen Übungen und ist in dieser weisen Mischung niemals und nirgends wieder erreicht oder gar überboten worden.

Die Römer aber haben zuerst eingesehen, daß bei Wachsen der Städte und der kulturellen Überfeinerung ein intensiver täglicher Betrieb von Körperübungen in Verbindung mit Hautpflege durch Bäder unerläßlich ist, um dem Körper die für die soziale Arbeit nötige Spannkraft und Gesundheit zu erhalten.

Bei der Sklavenwirtschaft des Altertums war ein von der handwerksmäßigen Arbeit losgelöster Betrieb der Körperübungen nur für die Freien bestimmt. Die viel zahlreicheren Unfreien wurden vollständig vernachlässigt. In den folgenden Perioden kriegerischer Verwicklungen und politischer Neu-

bildungen war im Betriebe der Körperübungen der reine Nützlichkeitsstandpunkt des Kriegers vorherrschend. Erst das erzieherische Bedürfnis hat seit der Renaissance die Lehren der Alten wieder zum Bewußtsein gebracht und neue Gesichtspunkte gezeitigt.

Dann aber führte die mächtige soziale Entwicklung seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts immer mehr zu der Einsicht, daß man diesen Gefahren, die durch die Landflucht und das riesige Anwachsen der Städte ungeheuer gesteigert wurden, nur durch einen stärkeren Betrieb der Körperübungen entgegen arbeiten kann. Im schroffen Gegensatze zum Altertum sind aber alle Glieder eines modernen Kulturstaates freie Staatsbürger, und im Aufrücken der Bevölkerungsstufen machen sich Vernachlässigungen eines Teiles der Bevölkerung deshalb auch an den anderen Teilen deutlicher bemerkbar. Infolgedessen tritt zu der kriegerischen und erzieherischen Seite der Körperübungen heutigentags die von mir zuerst in ihrer ergänzenden Bedeutung vermerkte viel schwierigere soziale Seite der körperlichen Ertüchtigung des ganzen Volkes hinzu, das in seinem Aufbau viel größere Unterschiede zeigt, als dies früher jemals der Fall war.

Wir haben jetzt dank der Hygiene eine geringere Sterblichkeit als früher, aber trotzdem eine größere Kränklichkeit. Dadurch wird jetzt eine größere Anzahl von Minderwertigen oder „Minusvarianten" mitgeschleppt, welche mit ihren Entartungserscheinungen, weil sie dieselben in das zeugungsfähige Alter hinüberbringen, das ganze Volk bedrohen, wenn nicht von Jugend auf planmäßig durch körperliche Ertüchtigung dagegen angekämpft wird. Übrigens werden durch die prophylaktischen hygienischen Maßnahmen nicht bloß die Schwächlichen und Minderwertigen geschützt, sondern gerade auch die Kräftigen vor schädlichen Einflüssen behütet. Die bloß vorbeugende, im Prinzip also eigentlich negative Hygiene leistet dadurch auch nützliche Arbeit, und diese Seite der Prophylaxis wird noch vielfach verkannt.

Richtige körperliche Erziehung und vernünftiger Betrieb der Körperübungen durch alle Lebensalter hindurch bekommen aber darüber hinaus im Rahmen zielbewußter aufbauender positiver sozialer Hygiene jetzt eine höhere Bedeutung als in Perioden, in denen man es den herrschenden Klassen überlassen konnte, für sich zu sorgen, ohne sich um das Wohl und Wehe der unteren Schichten zu bekümmern, die ihnen auch oft rassenhaft fremd oder als minderwertige Mischlinge gegenüberstanden.

Diese Sorge um die körperliche Tüchtigkeit scheint bei oberflächlicher Betrachtung überflüssig, weil die Fortschritte der Menschheit durch geistige Entwicklung und Differenzierung herbeigeführt wurden, unser Körper aber nach den Ergebnissen der Anthropologie seit der jüngeren Steinzeit in den einzelnen Rassen etwas Konstantes zu sein scheint, auf jeden Fall innerhalb der gegebenen Verschiedenheiten der Rassen keine wesentlichen Änderungen erkennen läßt.

Trotzdem machen sich jetzt bei der allgemeinen bürgerlichen Freiheit körperliche Entartungserscheinungen der einzelnen Gruppen für das ganze Volk bemerkbar, und das muß im Interesse des Gesamtvolkes jetzt von modernen Gesichtspunkten beachtet werden.

Geistige Differenzierung und geistige Tüchtigkeit als allgemeine kulturelle Machtfaktoren schließen körperliche Tüchtigkeit nicht aus, machen letztere vielmehr im allgemeinen zur Voraussetzung der ersteren. Auf jeden Fall geht in unseren Schulen die Überschätzung des Geistes und die Ver-

nachlässigung des Körpers zu weit, wenn in Deutschland 1906 die Zahl der bei der ersten Musterung dauernd und zeitig Untauglichen [4] bei den Einjährig-Freiwilligen 57,5 Proz. betrug, unter Berücksichtigung der Nacheinstellungen die Zahl der dauernd Untauglichen wohl auf 50,5 Proz. sank, aber endlich nach Entlassung der als tauglich Eingestellten und doch Untauglichen wieder 56,5 Proz. Untaugliche betrug. Der Grund der Untauglichkeit liegt aber in einem Herabgehen der Konstitutionskraft, indem allgemeine Schwächlichkeit, Lungen- und Herzkrankheiten bei diesen Schülern überwiegen und etwa 30 Proz. kurzsichtig sind. Bei den Studierenden steigt die Zahl der Untauglichen auf 60 bis 80 Proz.

Ein gewisses Maß von körperlicher Kraft und Gesundheit ist tatsächlich auch für die geistigen Berufe unerläßliche Voraussetzung zum Betriebe geistiger Kräfte. Für das ganze Volk sind die Körperübungen ein unerläßliches Mittel im Kampfe gegen die Entartungserscheinungen seiner eigenen Kultur.

Bei dem Betriebe der Körperübungen macht sich manchmal ein Gegensatz zwischen ärztlicher und hygienischer Anffassung geltend. Der ausübende Arzt sieht oft schon ein Zuviel von Körperübungen, wo der Hygieniker und Physiologe, wie ich wiederholt bemerkt habe, und kürzlich auch R. du Bois-Reymond ausführte [5], mit Rücksicht auf das Interesse des ganzen Volkes noch ein Zuwenig bemerkt. Es ist deshalb nötig, die hygienische Seite der Körperübungen einer besonderen Betrachtung zu unterziehen [6].

Von einer Physiologie der Körperübungen und von der Technik derselben im einzelnen muß ich dabei absehen und dies als bekannt voraussetzen [7]. Der Betrieb der Körperübungen weist uns auf die Erde, in freier Luft atmend. Das Wasser ist für den Menschen ein widernatürliches Medium. Jedes Säugetier kann, ins Wasser geworfen, schwimmen, d. h. wenigstens durch zweckmäßige Bewegungen, die mit seinen gewöhnlichen Laufbewegungen übereinstimmen, sich über Wasser halten, und so auch retten. Menschen und Affen allein können dies nicht, da sie, ins Wasser geworfen, unzweckmäßige Kletterbewegungen machen, die sie sicher dem Ertrinkungstode zuführen. Und doch hat der Mensch auch gelernt, dieses Medium zu meistern und durch die Benützung des Wassers für die körperliche Tüchtigkeit und Gesundheit sich Vorteile zu verschaffen.

Die natürliche Einteilung der Körperübungen ist die in Spiel, Sport (Athletik) und Turnen (Gymnastik). Die Körperübungen müssen die Besonderheiten der menschlichen Gestalt zur Geltung bringen und dürfen ihnen auf keinen Fall entgegen arbeiten. In diesem Sinne sind als Kennzeichen des Menschen anzusprechen: die gerade Haltung und der aufrechte Gang, die Fähigkeit im Laufen und Springen, und die Freiheit in Wurfbewegungen, außerdem die Handfertigkeiten. Die Körperübungen im engeren Sinne trennen wir aus technischen Gründen von den für die Ausbildung des menschlichen Gehirns entwicklungs- und stammesgeschichtlich maßgebenden [8] Handfertigkeiten, weil diese eine besondere Ausbildung von einer Feinheit erfordern, wie sie die Körperübungen im engeren Sinne des Wortes nicht bieten.

Die Handfertigkeiten müssen aber bei einer Hygiene der Körperübungen mit beachtet werden, weil es möglich ist, durch Haltung und Ausführung ihnen die Gefahren zu nehmen, welche der Berufshandwerker so wenig ver-

meidet, daß man schon in seiner Erscheinung die Art seines Handwerkes erkennen kann. Man sieht daraus, wie die berufsmäßige Haltung auf Skelett und Modellierung der Muskulatur von Einfluß ist, wie wichtig es demnach ist, durch den Betrieb der Körperübungen solchen Gewohnheitshaltungen, Fig. 105, entgegenzutreten, entweder durch allgemeine Kräftigung des Körpers oder durch Übungen, welche schwächere Partien zu stärken vermögen. Die Kenntnis der Hygiene des Handfertigkeitsunterrichts als eines „Turnens am Werkzeuge“, wie ich [9] sie zum ersten Male dargelegt habe, ist deshalb für den Turnlehrer und Arzt eine Notwendigkeit, um die Körperübungen mit Rücksicht auf die einzelnen sozialen Bedürfnisse zu entwickeln.

Im Spiel beteiligt sich das Kind seinen Kräften entsprechend an der Übung und entwickelt sich ungesucht in der Richtung, die der schönen menschlichen Gestalt entspricht. Aus dem Spiel entwickeln sich dann ganz natürlich die einfachen Übungen des Laufens, Springens, Werfens, Ringens, und der natürliche Tanz, der bei den Naturvölkern im Kult und in der



Fig. 105. Folgen der schlechten Gewohnheitshaltung bei Tischlern.

Unterhaltung eine herrschende Stelle einnimmt. Das Kind lernt in dem Spiele sich auch beherrschen und ohne Befehl sich freiwillig unterordnen im Interesse aller am Spiel Beteiligten. Man kommt so von den einfachen Kinderspielen zu den komplizierteren Kampfspielen der Erwachsenen, welche zweifellos das wichtigste Mittel sind, um die Bevölkerung wieder ins Freie und aus den dumpfen Kneipen herauszubringen und die zu Sauffesten entarteten Volksfeste wieder zu veredeln [10].

Im Sport werden die Übungen der eigenen Neigung entsprechend aus reiner Lust an einer besonderen Übung betrieben. Von dieser Lust und Freude an den Übungen, die zum Wesen des Sportes gehört, bis zur Ausübung in Wettkämpfen der Besten ist noch ein Schritt, der aber hygienisch eine Gefahr bedeuten kann. Wer nur eine Körperübung betreibt, für die er besonders veranlagt ist, vernachlässigt dadurch seinen Körper als Ganzes, und fügt dem noch eine mögliche Gefahr hinzu, weil Höchstleistungen einseitiger Art nur durch eine besondere Vorübung möglich sind, die wir jetzt Training nennen.

Training ist nicht Technik der Übung, sondern gesteigerte Übung für einen bestimmten Termin mit Zwangsdiät. Das Wesen des Trainings ist das Fertig- oder Bereitsein zu einem bestimmten

Momente. Das unterscheidet den Sport scharf von den natürlichen Leistungen der Naturvölker, die immer bereit sein müssen.

Die Körperübungen, welche auf diese Weise auf die Spitze getrieben werden, können wohl vernünftig gesteigert, aber auch höchst unvernünftig betrieben werden, gesundheitlich Vorteile bringen, aber auch zu schweren gesundheitlichen Mißständen führen. Nicht die Höchstleistung, nicht die Übung selbst extremer Art an sich, sondern die Übertreibung, zu häufige Wiederholung, mangelhafte Berücksichtigung des ganzen Körpers, ungenügende Erholung wirken schädlich. Das ist aber an sich nicht nötig, weil jeder auf Grund der Erfahrungen aller sich zu seiner höchsten „Form" emporarbeiten kann, wodurch gerade die Besonderheiten seines Körpers physiologisch richtig und technisch zielbewußt ausgebildet werden.

Für die Ausbildung und Erhaltung des Körpers haben die einzelnen Sportübungen ganz verschiedenen Wert. Die fast passiven Übungen, wie Segeln oder Auteln oder gar Luftschiffen, werden wegen des Aufenthaltes im Freien durch Aufnahme von Sauerstoff in freier Luft gesundheitlich vorteilhaft wirken können. Auch wegen des Zwanges zum schnellen Erkennen einer Gefahr und des richtigen Erfassens des Augenblickes können sie gewiß nützlich wirken und uns eine gründliche Ausspannung vom Stubenleben gewähren. Aber der Körper wird viel zu wenig und bloß sitzend beschäftigt, um dadurch wirksam ausgebildet zu werden.

Die halbaktiven Übungen, wie Reiten und Motorfahren, sind schon wegen der Anstrengungen zur Erhaltung des Gleichgewichts und der stärkeren Erschütterungen etwas vorteilhafter, aber sie reichen doch auch nicht aus. Außerdem kommen diese Übungen immer nur für einzelne in Betracht.

Deshalb sind die aktiven, den Körper mehr beanspruchenden Übungen wertvoller und für das Gesamtvolk diejenigen am wichtigsten, welche den ganzen Körper in Anspruch nehmen und bei richtigem Betriebe denselben zur Vollendung entwickeln. Das sind die einfachen natürlichen Übungen der Athletik (volkstümliches, nationales Turnen, Leichtathletik, olympischer Sport). Werden diese Übungen einseitig betrieben, so daß jemand z. B. nur Läufer oder Werfer oder Springer ist, oder gar, daß er nur über 100 m oder nur über 1500 m oder nur über lange Strecken läuft, oder nur Hochsprung oder nur Weitsprung übt, oder nur Hammerwerfen oder nur Kugelstoßen betreibt, so kann eine solche Einseitigkeit den Vorteil wieder so weit aufheben, daß diese Leute nach kurzer Zeit hervorragender Leistungen vollständig zusammenklappen und von den Kampfplätzen verschwinden.

Werden diese Übungen aber zu einem System von leichten und schweren, von Kraft- und Schnelligkeitsübungen verbunden, wie es die Griechen in ihrem Fünfkampfe vorbildlich ausgebildet hatten, und wie es ähnlich das deutsche Turnen im Prinzip und am Rhein auch praktisch seit mehr als 60 Jahren in den Feldbergfesten wieder aufgenommen hatte, so wird dadurch nicht nur die höchstmögliche körperliche Schönheit in allgemeiner Durchbildung erreicht, sondern gleichzeitig damit eine körperliche Tüchtigkeit erzielt, die bis ins höchste Alter vorhält, durch die erreichte Konstitutionskraft in Erkrankungsfällen die härtesten Proben besteht und noch Leistungen ermöglicht, wenn die einseitigen Rekordbrecher längst passiv geworden sind. Man sollte deshalb nie einseitige Körperübungen zu Höchstleistungen betreiben, ehe der Körper allseitig

ausgebildet und gekräftigt ist, und neben ihnen stets so viele andere Übungen pflegen, um den ganzen Körper in Tätigkeit zu versetzen.

Die modernen Turnsysteme haben sich von dem natürlichen Ausgange, der bei Guts Muths und Jahn vorhanden war, vielfach entfernt. Das deutsche Schulturnen ist erst durch Spieß zur bloßen Bewegungsschule ausgeartet, indem es, von einzelnen Elementarübungen ausgehend, alle Bewegungsmöglichkeiten „logisch" ohne Rücksicht auf ihren physiologischen und hygienischen Wert ausbildete und dabei schematisch einen Wechsel der oberen und unteren Gliedmaßen, der rechten und linken Seite, der Beuge- und Streckmuskeln eintreten ließ. Physiologisch ist das gute und richtige deutsche Turnen am meisten gekennzeichnet durch die Unterdrückung der unzweckmäßigen Mitbewegungen, deren Bedeutung zuerst Johannes Müller [11] erkannte. Es erreicht dadurch tadellose Haltung und schöne Ausführung auch der kompliziertesten Übungen. Es bevorzugt



Fig. 106. Rumpfbeugen nach Art des deutschen Turnens; ist falsch, wenn man die Streckmuskeln ausbilden will; ist richtig, wenn man den Rumpf beweglich machen will. Derartige Übungen stehen an sich jenseits von „richtig und falsch", sondern müssen nach dem Zwecke beurteilt werden.

deshalb die Geräteübungen, die es leider bis zur Akrobatik entwickelt hat. Es bevorzugt deshalb die schnell auszuführenden Freiübungen; Fig. 106. In der Haltung während der Übung ist es künstlerisch vollendet, niemals steif posierend.

Die Ausbildung der inneren Organe wird nicht beachtet, sondern nur als selbstverständlich mitgenommen, weil jede stärkere Bewegung das Herz und die Lungen in Tätigkeit versetzt und den Appetit anregt. Da das Geräteturnen wesentlich Hallenturnen geworden ist, werden durch den Staub und den Betrieb in geschlossenen Räumen gesundheitlich große Nachteile eingeführt, die einer Korrektur durch Übungen im Freien und durch Atemgymnastik bedürften, die aber nicht ausgebildet wurde.

In den Bewegungen des Turnens selbst wird wegen des äußeren Eindruckes vielfach keine genügende Rücksicht auf die einzelnen Phasen der Bewegung genommen, und die Streckmuskeln des Rückens, welche für die körperliche Erscheinung des Menschen maßgebend sind, erfahren keine ausreichende Berücksichtigung, Fig. 107.

Das schwedische Turnen [12] geht physiologisch von der heilgymnastischen Idee aus, einen einzelnen Muskel oder eine Muskelgruppe durch Überwindung aktiver oder passiver Widerstände auszubilden. Das schwedische Turnen bevorzugt wegen seines physiologischen Prinzips die langsam auszuführenden Frei- und Geräteübungen, kommt mit einfacheren Apparaten aus, hat Atemgymnastik [13] und sucht die körperliche Erscheinung durch Ausbildung der Streckmuskeln, Fig. 108, Fig. 109, vorteilhaft zu ent-



Fig. 107. Falsche Ausführung der Spannbeuge mit Biegung im Kreuz, wodurch der richtige Einfluß auf die Streckung der Wirbelsäule verhindert wird und die Bauchmuskeln gedehnt werden. Würde diese Übung aber durch Erfassen niedrigerer Sprossen zur Bogenstellung werden, so könnte sie zum Biegsammachen des Rückens verwendet werden und damit einem ganz anderen Ziele dienen; ist aber dann nicht mehr Spannbeuge.



Fig. 108. Richtige Ausführung der schwedischen Spannbeuge mit Rückwärtsbiegung in der oberen Brustwirbelsäule, Spannung in Hüften und Lende und mit Anziehen der Bauchmuskulatur.

wickeln. Es wirkt auf die Haltung sehr günstig ein, vermittelt eine gute Beherrschung der einzelnen Muskelgruppen und wirkt auf das Auge durch die Posen bestechend.

Für die Wahrnehmung könnte man das deutsche Turnen als Bewegungs-, das schwedische als Haltungsgymnastik bezeichnen. Nach den physiologischen Prinzipien entspricht weder das deutsche noch das schwedische Turnen allein allen berechtigten Anforderungen, sondern beide Systeme ergänzen sich, und die Systeme der amerikanischen „Physical Cul-

ture“ sind vom deutschen Turnen ausgegangen, haben aber das Gute des schwedischen mit verwertet [14].

In ganz einseitiger, allerdings meist durch den Gesamtbetrieb und die natürliche Betätigung gemilderter Anwendung, könnte das deutsche Turnen zum Hohlrücken, das schwedische zum Flachrücken führen, Fig. 110, während der natürliche Betrieb der Athletik unbewußt heute so gut wie bei den alten Griechen eine ideale Biegung der Wirbelsäule und bei gleichzeitig kräftig entwickelter Rückenmuskulatur den klassischen Athletenrücken ausbildet. Da die Sportübungen ihren Zweck, die gewollte Leistung im Sinne einer Höchstleistung oder in Überwindung natürlicher Hindernisse, rationeller Energetik entsprechend mit dem geringsten Aufwande von Mitteln und ohne überflüssige Kraftanwendung anstreben, lassen sie den Bewegungszweck



Fig. 109. **Rumpfbeugen nach schwedischer Art zur Ausbildung der Rückenstreckmuskeln.**

sofort klar erkennen, machen den dazu erforderlichen Willensaufwand deutlich und entsprechen so auch der Ästhetik [15].

Beide Turnsysteme haben nach physiologischer Begründung und Ausführung Vorteile und Nachteile, keines entspricht allein allen Anforderungen. Das deutsche Turnen ist das natürlichere in seinem Ausgang, muß von den später im Schul- und selbst im Vereinsturnen hinzugekommenen Auswüchsen der Bewegungsmöglichkeiten wieder freigemacht werden und aus dem schwedischen das feinere Verständnis für Körperhaltung und Atemgymnastik herübernehmen. Man fängt aber jetzt an, die Entwicklung der Bewegungsmöglichkeiten aus ästhetischen und physiologischen Gesichtspunkten zu erfassen und damit das Turnen seines größten Fehlers zu entkleiden [16].

Das schwedische Turnen bedarf einer sorgfältigeren Beachtung der Bewegungen neben der Haltung und einer stärkeren Berücksichtigung der Athletik.

Alle Gerätübungen, ob, wie z. B. das Pferdspringen, aus dem Mittelalter gerettet oder ob schwedisch oder deutsch ausgebildet, haben den Nachteil des Betriebes im geschlossenen Raume, bedürfen also unter allen Umständen

der Ergänzung durch Übungen, die im Freien vorgenommen werden. Darin liegt ein großer Vorzug des ursprünglichen Guts Muths und Jahnschen Turnens und des Sportes.

Diese Unterschiede gleichen sich mehr und mehr aus [17] und man sieht, daß Turnen und Sport keine Gegensätze, sondern notwendige Ergänzungen sind (Hueppe [18]), Kuhr [19]), Kappe [20]).

Die Hygiene hat bei der Beurteilung der Körperübungen die verschiedenen Altersstufen besonders zu berücksichtigen, weil die einzelnen Organe im Verlaufe der Entwicklung ganz verschiedene Arbeitsmöglichkeiten bieten. Das Skelett entwickelt sich langsam und sehr ungleichmäßig und die Ausbildung der Rassenunterschiede, soweit sie sich in der verschiedenen Durchschnittsgröße der Rassen aussprechen, fällt etwa in die Pubertätszeit

Bei der Biegsamkeit der Knochen müssen schwere Belastungen vorher ganz ausgeschlossen bleiben. Leider besitzen wir zur Beurteilung des Verhältnisses von Körpergröße, Körpergewicht und Brustumfang keine ganz objektive Methode. Die Erfahrung, wie sie der Militärarzt, Turnlehrer, Trainer gewinnt, ist, obwohl subjektiv, meist viel sicherer in Erkennung dieser Beziehungen. Das Gewicht ist sehr stark vom Fettpolster abhängig und dieses wieder hängt sehr von der Anlage ab, wird aber außerdem vom Alter und der Intensität der Bewegung bestimmt. Bei gleichmäßig entwickelter, nicht überstarker Muskulatur und mäßigem Fettpolster, ist das Gewicht des Erwachsenen zwischen 30 bis 50 Jahren annähernd in Kilogrammen so groß wie die Zentimeterzahl, welche die Größe über 1 m aufweist, z. B. bei einer Größe von 1,70 m beträgt es 70 kg; jüngere, magere, scharf trainierte Leute haben etwas weniger; stärkere muskulöse mehr, und über 50 Jahre steigt das Gewicht meist etwas, weil infolge geringerer Körperbewegung das Fettpolster meist zunimmt. Über die Messung des Brustumfanges herrscht keine Übereinstimmung; meist mißt man bei horizontal gehaltenen Armen in der Horizontalen über die Brustwarzen (bei Frauen dicht oberhalb des Ansatzes der Brüste) und nimmt das Mittel zwischen stärkster Ein- und Ausatmung: dieses Maß sollte die Hälfte der Körperhöhe betragen. Bei sehr Muskulösen kann man meist über den Brustkorb selbst nur urteilen, wenn man bei horizontal oder senkrecht gehaltenen Armen unterhalb der Warzen mißt. Die Formel von Bornhardt, die aber keine bessere Einsicht bringt, lautet:

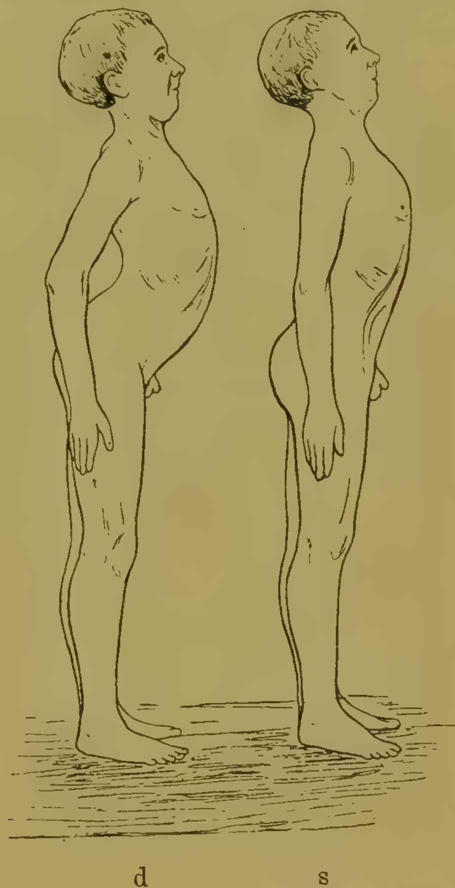


Fig. 110. Gerade Haltung nach der Vorschrift des deutschen (d) und schwedischen (s) Turnens. Durch die verschiedene Armhaltung erscheinen bei beiden die Besonderheiten und Fehler noch mehr übertrieben, und zwar bei d im Sinne des Hohlrückens, bei s im Sinne des flachen Rückens. Beide Haltungen entsprechen einer schönen, natürlichen, freien Haltung nicht. Der Ausgang von Stellungen mit „recht hohl gemachtem Kreuz“ ist einer der größten Fehler des deutschen Turnens.

$$P\ (\text{Körpergewicht}) = \frac{H\ (\text{Länge}) \times C\ (\text{mittlerer Brustumfang})}{240}.$$

Mit besserer Ernährung ist besonders in der Stadt jetzt wieder deutlich eine Zunahme der Größe bemerkbar, auf die besonders bei den schulpflichtigen Kindern in jedem Jahre mit Rücksicht auf das stärkere Längenwachstum im Sommer zu achten ist. Wird keine Rücksicht darauf genommen, so kann aus der vorübergehenden Schwäche, wie sie sich besonders in der Pubertätsperiode bei den Schülern durch geistige Überlastung und bei der aus der Schule entlassenen Jugend durch körperliche Überanstrengung in den städtischen Berufen der Arbeiter und Handwerker leider häufig einstellt, eine dauernde Schwäche des Organismus hervorgehen.

Die Ausbildung der Muskulatur muß bis zur genügenden Kräftigung des Skeletts in möglichst natürlicher Weise (Laufspiele, dem Alter angemessene sportliche Übungen, besonders Laufen) und ohne die Anstrengung von Wettkämpfen angestrebt werden. Starke Belastung mit Gewichten und an Geräten sind zu vermeiden, besonders die Übungen im Knickstütz (Barren-Buckel!). Auf das Vorsinken der Schultern hat allerdings auch die Haltung in den Schulbänken beim Lesen und besonders beim Schreiben großen Einfluß. Durch einen von Künsteleien möglichst freien Betrieb von Körperübungen wird der Körper nicht nur gesund, sondern auch dem Alter entsprechend schön gemodelt. Man muß deshalb bei der Beurteilung die wirklichen Proportionen, die das Skelett bietet, trennen von den äußeren Modellierungen, die sich nach der etwas beeinflußbaren Muskulatur richten.

Bei den natürlichen Übungen wird ungesucht auch eine gewisse Harmonie erreicht in Ausgleich einer unvermeidlichen natürlichen Einseitigkeit, die sich aus dem Bau ergibt (Ungleichseitigkeit in der Lage des Herzens und des Ursprunges der großen Schlagadern; auch die Lage des Sprachzentrums dürfte damit zusammenhängen), und sich in der Rechts- und Linkshändigkeit ausspricht [21]. Direkt und schematisch dagegen anzukämpfen, empfiehlt sich nicht. Bei der Arbeitsteilung zwischen rechts und links, auf der technisch unsere Kulturentwicklung mit beruht, wird die eine Hand zur Dienerin der anderen, und darin liegt der Grund zu einer außerordentlichen Steigerung der Geschicklichkeit nicht bloß bei der Handfertigkeit, sondern auch bei dem Betriebe von Körperübungen.

Die erzieherische Aufgabe ist es, die Einseitigkeit so weit zu mildern, daß nicht die eine Körperseite gegenüber der anderen zurückbleibt und daß die eine bis zu einem gewissen Grade für die andere einzutreten vermag. Bei Sprung- und Wurfübungen, besonders auch beim Fechten ist deshalb eine vollständige Gleichmäßigkeit in der Ausbildung beider Seiten direkt zweckwidrig.

Dagegen ist bei den komplizierten Übungen des Geräteturnens eine beiderseitige gleichmäßige Ausbildung unerläßlich. Ein vernünftiger Betrieb von Geräteübungen ist auch deshalb eine gute Ergänzung des Sportes.

Nach genügender Kräftigung des Skeletts müssen auch die stärkeren Reize verwendet werden, welche auf Muskulatur und Knochensystem durch Kraftübungen ausgeübt werden. Doch ist ein Übermaß zu vermeiden, weil gerade bei diesen Übungen, wenn sie häufig bis zur vollen Erschöpfung ausgeführt werden, krampfartige Nervenschmerzen (z. B. Fuß- und Wadenkrampf), selbst Lähmungen eintreten können. Auch Muskelzerreißungen,

Entartungen einzelner Fasern können eintreten, und es entstehen dann an Stelle der Muskelfasern Bindegewebs-Schwielen oder selbst Verkalkungen (Reitknochen, Exerzierknochen). In ganz schweren Fällen, besonders bei Muskelhypertrophie einzelner Muskelgruppen durch übertriebenen Kraftsport scheint es sogar zu Veränderungen des Rückenmarkes zu kommen, die sekundär zu Entartungen und Muskelschwund führen. Solche spinale fortschreitende Muskelatrophie ist bei einzelnen sehr muskulösen, aber einseitigen Kraftmenschen festgestellt worden.

Der übermäßige Betrieb von Muskelübungen, wenn er häufig bis zur vollständigen Erschöpfung führt, kann sich aber nicht nur auf die Muskulatur, sondern durch Vermittlung des Rückenmarkes auch anderweitig schädlich bemerkbar machen und zu einer Herabsetzung der geschlechtlichen Erregbarkeit und Leistungsfähigkeit führen.

Muskulatur und Nerven machen keine Ausnahme von der Erfahrungstatsache, daß Organe und Organsysteme durch Überanstrengung der Funktion und durch örtliche Überreizung besonders Störungen der Zirkulation und des Stoffwechsels ausgesetzt sind, entzündlich erkranken oder sogar Ausgangspunkte für Neubildungen werden. Bayer [22] machte darauf aufmerksam, daß Geräteübungen mit Überstreckungen des Rumpfes durch Zerrungen der Zwerchfellschenkel bei Turnern sogar zu Mesenterialtumoren führen können.

Die Körperübungen sind notwendig, um einer Überarbeitung des Nervensystems durch einseitigen geistigen Drill entgegenzuwirken. Sie leisten dies jedoch nur, wenn auch rechtzeitig für angemessene Ruhe gesorgt wird, was besonders bei schwächlichen und bleichsüchtigen Kindern zu beachten ist.

Die Körperübungen entwickeln als Nervengymnastik bestimmte Seiten der geistigen Ausbildung, welche durch geistige Dressur allein nicht erreichbar sind. Besonders auf den Charakter wirken sie vorteilhaft ein. Das Kind lernt die auszuführende Bewegung vorher überlegen und rasch den Entschluß zur Ausführung bringen. Das von Natur langsame Kind muß dadurch schneller werden, das hastige sich mäßigen lernen. Die Reinheit und Schönheit der Bewegung erfordert eine zweckmäßige Innervation der antagonistischen Muskeln und damit ein Beherrschen des ganzen Körpers. Das letztere wird mehr durch das Turnen und durch Fechten, die erstere Eigenschaft mehr durch Spiel und Sport gefördert.

Gegen Gefahren gibt es nur eine wirksame Hilfe, das ist die planmäßige Übung unserer Kraft, und so wirken besonders die Übungen des gemischten Sprunges, die athletischen Übungen und die Ballspiele mutausbildend [23]. Wir lernen uns im Momente der Gefahr beherrschen, suchen nicht mehr plan- und ziellos der Gefahr durch Flucht zu entrinnen und werden Herren über die nicht zur Schwelle des Bewußtseins gelangenden Triebe, die Instinkte, die uns sonst auch zu zwecklosen und unvernünftigen Abwehrbewegungen treiben können.

Die allgemeine Kräftigung und besondere Übung wirken in den Ballspielen ausbildend auf die Sinne und kämpfen so gegen die Gefahr der Verschlechterung der Sinne, welche mit der sitzenden Tätigkeit verknüpft ist. Unter dem Einflusse der Ballspiele nimmt die Schul-Kurzsichtigkeit ab. Zurzeit (1906) beträgt die Kurzsichtigkeit bei den zum Einjährig-Freiwilligen-Dienste Berechtigten in Deutschland 33,5 Proz. und schwankt von 24,5 Proz. in Schleswig-Holstein bis zu 41,8 Proz. in Oberbayern; auf den deutschen

Gymnasien beträgt sie im Durchschnitte 30 Proz. und steigt bei den Abiturienten auf 50 Proz.; bei den Studenten beträgt sie aber bis zu 70 Proz. gegenüber 14 Proz. bei englischen und 10 Proz. bei amerikanischen Studenten, trotzdem in den oft so malerischen efeuumrankten Colleges die Helligkeit der Zimmer manchmal viel zu wünschen übrig läßt.

Mit der Entwicklung des Skeletts ergibt sich durch den Betrieb der Körperübungen auch eine Zunahme des Umfangs des Brustkorbes. Diese ist zum Teil rein äußerlich und beruht auf besserer Haltung und größerer Straffheit der Muskulatur. Aber sie ist auch objektiv nachweisbar durch größere Ausdehnungsfähigkeit der Lungen, und zwar als Zunahme der Ein- und Ausatmung und durch Zunahme der Lungenkapazität. In dieser Beziehung sind Laufübungen, Rudern, Schwimmen, welche direkt die Lungen ausbilden, von größtem Einflusse, weil sie die Ausdehnungsfähigkeit und Kapazität der Lungen steigern, während bei Kraftübungen mehr die äußere Form der Brust durch die Muskelmassen beeinflußt wird.

Mächtige und besonders fette, aber einseitige Gewichtsathleten haben manchmal ganz unbefriedigende Lungenverhältnisse, und einige Schwergewichts-Athleten sind in jungen Jahren sogar an Tuberkulose gestorben. H. Virchow und Engel-Reimers [24] haben die geringe inspiratorische Erweiterung des Thorax geradezu als charakteristisch für die Athleten hingestellt. Bei der Beurteilung werden aber oft Fehler gemacht, weil vergessen wird, daß diese Leute nur so tief atmen, wie sie es gerade nötig haben, und die Aufforderung zu einer künstlichen Ein- und Ausatmung aus Mangel an Übung nicht richtig ausführen. Es wird auch wegen der üblichen Art der Messung des Brustumfanges und der Ausdehnungsfähigkeit des Brustkorbes nur in den oberen Partien oft ganz übersehen, daß Übungen, welche eine Fixierung der Schulter- und Armmuskulatur zur Voraussetzung haben (Stemmen von Gewichten, Barrenturnen, Ringen), dazu zwingen, die Spitzenatmung zu reduzieren. Solche Leute haben oft eine großartige Flanken- und Zwerchfellatmung, die oft ganz übersehen wird.

Für die natürliche Ausbildung des Brustkorbes und für das gute Funktionieren der Lungen sind die verschiedenen Übungen (Laufen, Rudern, Schwimmen, Radfahren, Bergsteigen) in den verschiedenen Lebensaltern nicht gleichwertig. Die elastischen Rippenknorpel verhärten und verkalken allmählich. Dadurch wird die Beweglichkeit der einzelnen Teile des Brustkorbes verringert und an Stelle der eigentlichen Rippen- und Spitzenatmung tritt die Zwerchfellatmung. Die durch die Abnahme der Elastizität der Rippen bewirkte Versteifung des Brustkorbes ermöglicht erst die für Kraftübungen erforderliche Fixierung der Schulter- und Oberarmmuskulatur.

Zur Pubertätszeit vollzieht sich in der Ausbildung des Herzens eine ganz bedeutende Änderung. Vorher ist das Herz verhältnismäßig klein und die Aorta weit; das Herz arbeitet leicht, der Blutdruck ist gering, der Blutumlauf leicht. Zur Reifezeit vergrößert sich das Herz fast auf das Doppelte seines Umfanges, während die Weite der Pulsadern anfängt stille zu stehen. Der Blutdruck steigt, der Blutumlauf wird schwieriger. Das Volumen des Herzens nimmt im Laufe der Entwicklung um das Zwölffache, der Umfang der Aorta nur um das Dreifache zu, und bei Bleichsüchtigen ist sie nach Virchow durch eine besondere Enge charakterisiert. Das Volumen des Herzens verhält sich zur Weite der Aorta bei einem Kinde

zu Beginn der Schulzeit wie 25:20, unmittelbar vor der Geschlechtsreife wie 140:50, nach der Geschlechtsreife jedoch wie 290:61. Auf 100 cm Körperlänge kommen nach Beneke beim Kinde 50, beim Erwachsenen 150 cm^3 Herzvolumen. Die Wachstumsgröße beträgt in den Jahren 7—14 für das Herz jährlich 5,6—7,5, für die Lunge 45—50 cm^3; in den Entwicklungsjahren jedoch für das Herz jährlich 19—30, für die Lunge 100 bis 140 cm^3.

Die Pressungen, die mit jeder stärkeren Körperübung, besonders mit lokalisierten Kraftübungen verbunden sind, werden sich demnach auf Herz und Lunge in den verschiedenen Altersstufen ganz verschieden bemerkbar machen müssen, worauf leider das Schulturnen bis jetzt gar keine Rücksicht nimmt. Auch ältere Leute müssen dies mit Rücksicht auf eintretende Rigidität der Gefäße und Arteriosklerose besonders beachten; ebenso Leute, die an Leistenbrüchen leiden oder dazu disponiert sind.

Der Hygieniker muß bei der Entwicklung des Körpers darauf achten, daß die Verdauungsorgane des Kindes verhältnismäßig voluminös sind und besonders auch der Magen eine bedeutende Größenzunahme erfahren muß, um den Anforderungen des Erwachsenen entsprechen zu können. Eine gar zu kompendiöse konzentrierte Nahrung im Kindesalter kann deshalb bei den Erwachsenen zu großen Mißständen führen, weil die städtische Ernährung eiweißreich und konzentriert zu sein pflegt.

Bei den Mädchen wird in dieser Beziehung von dem Unverstande der Mütter außerordentlich viel gesündigt, weil sie schon das Kind in die schlanken Formen der vollerwachsenen Jungfrau zwängen wollen, aus Unkenntnis, daß die Proportionen des Kindes ganz andere sind als die des Erwachsenen. Hierzu dient Beschränkung im Essen, zu konzentrierte, aber mit Reizmitteln übermäßig ausgestattete Nahrung und leider oft noch das Einpferchen in Korsette. Das Resultat sind dann nicht kraftvolle, schlanke Frauen, sondern elende, bleichsüchtige, nervöse und hysterische Puppen, die die Familie und das Volk mit Minderwertigkeit bedrohen. Die scheinbare körperliche Plumpheit des jugendlichen Organismus verliert sich mit dem Wachstum ganz von selbst, und richtig ernährte Kinder werden dann später nach der Pubertät kraftvolle, schlanke, sehnige, nervige Erwachsene.

Eine gute Verdauung setzt auch ein gutes Gebiß voraus, und die Schulärzte werden auf die Zahnpflege [24a] sehr zu achten haben, weil die mechanische Seite der Ernährung (gründliches Kauen, vollständiges Einspeicheln, Vermeiden der Verdünnung der Verdauungssäfte durch Trinken beim Essen) für die Ausnützung der Nahrungsmittel und damit für die Energiegewinnung aus denselben von größtem Einflusse ist. Selbst die Vegetarianer, die so viel von naturgemäß reden, vernachlässigen bei der Ernährung mit Nußkonserven jetzt diese Seite der Ernährung fast vollständig. Die jetzt häufige Karies schon im Kindesalter hängt mit der Änderung der Volksernährung zusammen und kann deshalb systematisch bekämpft werden, wobei nach E. Hueppe [25] das gründliche Kauen und das Vermeiden des Trinkens beim Essen und des Schluckens statt Kauens der Speisen das Wichtigste sind.

Die ganze Energie, die wir in den Körperübungen aufwenden, wird durch die Nahrungsmittel zugeführt. Bei jedem Tätigkeitswechsel findet eine Änderung der Blutverteilung statt und den arbeitenden

Organen strömt mehr Blut zu. In der Ruhe ist nach J. Ranke [26] von der gesamten Blutmenge enthalten je 1/4 in den großen Kreislauforganen (Herz, Lunge, große Blutgefäße), in der Leber, in den ruhenden Muskeln und in den übrigen Organen. Den arbeitenden Muskeln wird mehr Blut und damit mehr Nährmaterial zugeführt und dadurch ermöglicht, daß sie — im Gegensatze zu einer durch die Arbeit sich abnützenden Maschine — durch die Arbeit besser genährt, kräftiger und voluminöser werden. Zuerst hat Virchow diese elektive Tätigkeit der arbeitenden Zellen erkannt, dann Pflüger und in letzter Zeit Rubner sie für die Ernährungsvorgänge mehr gewürdigt.

Die Intensität der Muskelarbeit muß deshalb stets in einem richtigen Verhältnisse zu der Ernährungsmöglichkeit stehen, wenn das Gesamtverhältnis des Körpers dadurch ein besseres werden soll. Man kann deshalb nicht die Gesamtmuskulatur ins Ungemessene zunehmen machen, sondern dies hängt wesentlich davon ab, wieviel Material assimiliert wird und damit zum Ansatz und zum Wärme- und Kraftwechsel disponibel ist, und wieweit das Herz und die Nieren die mit dem Tätigkeitswechsel einhergehende gesteigerte Arbeit zu leisten vermögen. Das Verhältnis der angeborenen Anlage der Muskulatur zu den inneren Organen entscheidet deshalb stets darüber, wieweit die Ausbildung der Muskulatur ohne Schaden für den Organismus getrieben werden kann.

Welche Massen dabei in Betracht kommen, ergibt sich daraus, daß das Skelett des neugeborenen Kindes 15,7 Proz., das des Erwachsenen 15,9 Proz. des Körpergewichts beträgt, die Muskelmasse des Neugeborenen aber nur 23 Proz., die des Erwachsenen jedoch 42—45 Proz. und selbst noch mehr des Körpergewichts ausmacht. Der ganze Körper des Neugeborenen enthält 66,4 Proz. Wasser und nur 33,6 Proz. feste Stoffe, während der des Erwachsenen 58,5 Proz. Wasser, aber 41,5 Proz. feste Stoffe enthält.

Alle Systeme, die sich bloß von dem äußeren Scheine leiten lassen und die Plastik der Muskulatur in den Vordergrund stellen, enthalten ein gefährliches Moment.

Die natürlichen Übungsweisen, bei denen die Bewegung und Leistung des Körpers im Vordergrunde stehen, und dieser allmählich stufenweise und dem Alter entsprechend entwickelt wird, bei denen man sich also um den Eindruck und die Form der Muskulatur zunächst gar nicht kümmert, haben den großen Vorzug, die Muskulatur individuell sowohl in bezug auf Volumen als Leistungsfähigkeit zur größten Höhe zu bringen, ohne zu schaden.

Bei guter Anlage modeln solche Übungen den Körper zum Vorbilde für Künstler. Darin haben Spiel und athletischer Sport für alle Zeiten einen Vorzug vor allen Systemen; „Simplex veri sigillum“ gilt auch hier.

Naturvölker machen wegen der Gleichheit der Umwelt und der geringen sozialen Differenzierungen meist einen mehr einheitlichen Eindruck, um so mehr, auf je mehr Generationen diese Einflüsse einwirkten. Wegen des oft großen Wechsels von Mangel und Überfluß infolge der Unsicherheit in der Ernährung kann die Stärke der Fettschicht stark wechseln, und im allgemeinen sind Naturvölker, besonders die Jäger- und Wandervölker, eher übertrainiert und mager, die Muskulatur nach den Anforderungen entwickelt, selten voluminös. Nur wo die Ernährung gleichmäßiger und die Anstrengungen geringer sind, trifft man auch bei Naturvölkern geradezu ideal entwickelte gleichmäßige Gesamtmuskulatur mit ausgleichender Fettschicht,

z. B. unter den Polynesiern. Unter den stärker differenzierten Kulturverhältnissen trifft man schon unter den Jugendlichen zwei Extreme, die der abgeglichenen, künstlerisch vollendeten und der scharfen, fast zerhackten, anatomisch interessanten, physiologisch oft sehr leistungsfähigen, aber künstlerisch weniger befriedigenden Muskulatur, Fig. 111. Unter den Erwachsenen haben schon die klassischen Griechen als künstlerisch befriedigend und den wirklichen Verhältnissen entsprechend zwei Typen unterschieden, den Herakles- und Hermestypus beim Manne, den Juno- und Venustypus bei der Frau, und Herakles, Fig. 112, Fig. 113, war der Schutzpatron der Ringer und Schwergewichtsathleten, Hermes, Fig. 114, der der Fünfkämpfer und Leichtathleten.



Fig. 111. Magerer junger Mann ohne Geräte nach Proschek ausgebildet, mit scharfer Entwicklung der einzelnen Muskelgruppen, von denen der M. latissimus dorsi und der Sägemuskel ungewöhnlich klar hervortreten; gute Biegung der Wirbelsäule bei einer Übung zur Entwicklung der Hüftmuskeln.

Die klassische Kunst von Phidias, Praxiteles, Polyklet kennt als Vorbilder dieser Typen von Mann und Frau nur den edelsten, den nordisch-arischen der hellen Komplexion. Dem Mutterlande dieses Typus, Skandinavien, kommt dies noch immer zugute, und bei anderen Ländern trifft es fast genau in dem Umfange zu, wie sie diese helle Nordrasse enthalten, die nun einmal die höchste Stufe darstellt, welche die Menschheit erreicht hat.

Das Volk würdigt, wie die Kunst, mit vollem Rechte den kraftvollen starken Mann neben dem geschmeidig schönen. Diese Typen sind nicht schroff geschieden, sondern durch Übergänge verbunden und mit zunehmendem Alter kann ein überschlanker Jüngling sich zum Hermestypus oder dieser zum Heraklestypus entwickeln.

An dieser Stelle will ich auch die Angabe, daß die Naturvölker den Kulturmenschen in bezug auf Sinnesschärfe und Körperkraft überlegen seien, richtig zu stellen versuchen. Wo wir ähnlichen Anforderungen gegenüberstehen, ist auch bei Kulturmenschen die Sinnesschärfe noch immer ganz hervorragend, wie wir an Jägern, Seeleuten, Artilleristen sehen, die auch bei uns noch oft doppelte Sehschärfe und selbst mehr haben; mehr findet sich auch bei Jagd- und Nomadenvölkern nur selten. Die Schulkurzsichtig-

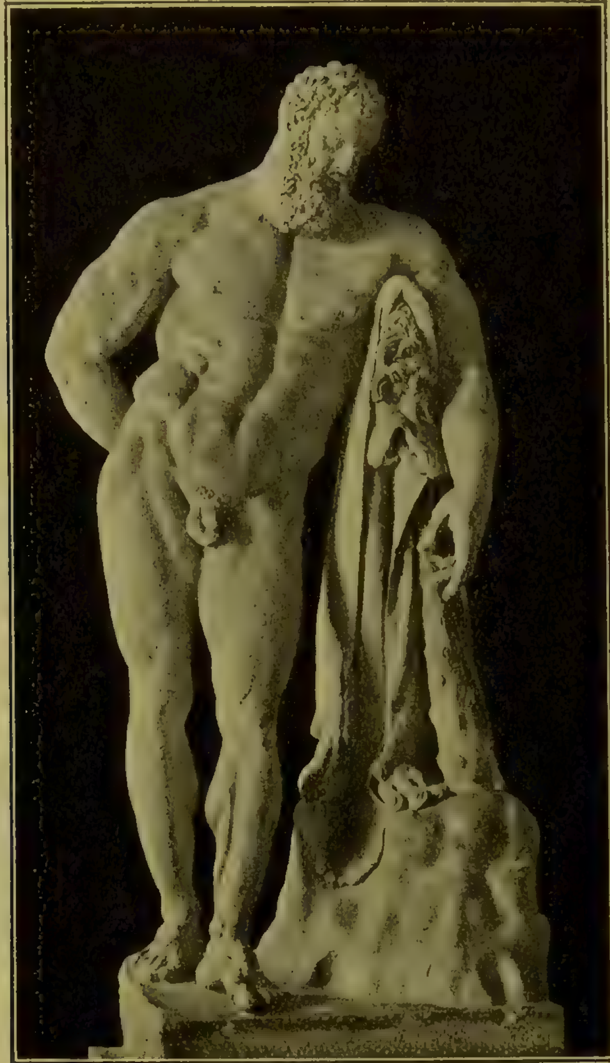


Fig. 112. Der Farnesische Herakles, National-Museum in Neapel; zeigt keinen direkten anatomisch-physiologischen Fehler, sondern nur Übertreibungen der Muskelmassen, die rein passiv durch ihre Zwischenlagerungen die ausreichende Annäherung der einzelnen Körperteile aneinander unmöglich machen; der Vergleich mit Hackenschmidt zeigt den Unterschied zwischen der natürlichen Übermuskulatur und deren künstlerischer Übertreibung deutlich.

keit, bei deren Entstehung allgemeine Schwäche wohl auch beteiligt ist, ist aber eine unerwünschte Anpassung an Lesen und Schreiben, und deshalb in Zukunft sicher stark zu mindern, wenn gleichzeitig durch Ballspiele und Wanderungen und eventuell auch durch Schießen die Augen auch positiv geübt werden. In bezug auf Körperkraft sind uns Naturvölker nur in den wenigen Übungen überlegen, die sie im Kampfe um Dasein täglich gebrauchen, und die wir nicht üben, und die Naturvölker leisten in unseren Kraftübungen

sehr wenig oder nichts. Dazu kommt, daß Naturvölker ihre Überlegenheit stets nur in der gewohnten Umwelt zeigen, während der Kulturmensch sich überall schnell zurechtfindet.

Ein natürlicher Betrieb fordert leider viel Zeit, mehr als wir bei den normalen Anforderungen der Sitzschule den Kindern gewähren und als die im Erwerbsleben stehenden Erwachsenen sich leisten können, und mehr freie Plätze, als wir bis jetzt haben.

Wir sind deshalb gezwungen, das, was uns an Extensität des Betriebes abgeht, an Intensität zu ersetzen, müssen dehalb die physiologischen Arbeitsmöglichkeiten und ihre hygienischen Grenzen genau kennen, und neben der natürlichen einfachen Ausführung auch gekünstelte Systeme und Hilfsapparate in großem Maße in Anspruch nehmen.



Fig. 113. Hackenschmidt, um die Wende des Jahrhunderts der beste Ringer und Gewichtsathlet, am 21. Geburtstage; typische herkulische Muskulatur; Größe 1,75 m. Entwicklung besonders durch deutsches Turnen, Radfahren, dann durch Schwergewichte und Ringen.

Darin ist einerseits die Forderung des Betriebes der Übungen im Freien begründet, anderseits aber auch der Betrieb der Geräteübungen, welche einen Massenbetrieb ermöglichen.

Für Leute, die eine übermäßig sitzende Lebensweise führen, ist die maschinelle Gymnastik an Apparaten nach Zander ausgezeichnet. Sie gestattet, den Körper ganz durchzuarbeiten oder die besonders bewegungs-

bedürftigen Muskelgruppen stärker heranzuziehen und überwindet die stark ausgesprochene körperliche Faulheit sitzgewohnter Menschen leichter als rein aktive Übungen, weil stets eine Hälfte der Übungen für die betreffende Muskelgruppe aktiv, die andere aber passiv ist. In Verbindung mit Massage und Frottieren läßt sich damit leicht in den Perioden übermäßigen Sitzens gegen dessen gesundheitliche Gefahren ankämpfen. Mit Verringerung der Bewegungslust im Alter gewinnt man mit dieser Gymnastik neben dem Spazierengehen ein treffliches Mittel gegen Dickwerden und vorzeitiges



Fig. 114. Hermes von Trözen. Hermes als Gott der Fünfkämpfer und Leichtathleten zeigt ideale Proportionen, eher schenkellang, und nicht lastende ebenmäßige Muskulatur, die aber, wie die Unterschiede der verschiedenen Hermesstatuen und ihr Vergleich mit dem Apoxyomenos des Lysippos, Diadumenos und Doryphoros des Polyklet ergibt, doch sehr verschieden stark entwickelt ist und bis an den herkulischen Typus heranreicht.

Einrosten. Bei Schulkindern mit mangelhafter Entwicklung hat diese Methode zu orthopädischen Zwecken große Vorteile und überhebt uns des schädlichen vollständigen Aussetzens der Körperübungen.

Bei der Ausführung jeder Körperübung treten Ermüdungserscheinungen auf. Beim Stemmen eines schweren Gewichtes z. B. ermüdet die Armmuskulatur, während der übrige Körper noch gar nicht angegriffen ist und Herz und Lunge noch keinerlei Ermüdungserscheinungen zeigen. Bei einem kurzen, schnellen Lauf, schnellem Rudern, Radfahren tritt eine Er-

müdung des Herzens ein; bei etwas längerem Laufen oder Rudern versagt die Atmung eher als das Herz; bei anderen Übungen sind die Nerven stärker in Anspruch genommen als die Muskulatur selbst. Hueppe, Kolb und F. A. Schmidt unterscheiden deshalb folgende Ermüdungsformen:

1. Muskelermüdung;
2. Nervenermüdung;
3. andauernde Nervenerschöpfung als Übertraining;
4. Herzermüdung;
5. Lungenermüdung.

Wenn wir einen intensiven Einfluß auf die zu übenden Organe ausüben wollen, so müssen wir sie nicht nur ganz allgemein üben, sondern wir müssen zeitweilig die Übung bis zur Ermüdung treiben, um einen recht tiefen Reiz ausüben zu können. Wenn dies in vernünftiger Steigerung geschieht, nicht zu oft wiederholt wird, die nötige Ruhe folgt, so kann man auf diese Weise den Körper zur höchsten in seiner Anlage möglichen Leistung bringen und plastisch ausbilden.

Wir unterscheiden von diesem Gesichtspunkte aus verschiedene Gruppen von Übungen:

Die Ordnungsübungen sind zum Teil Nervengymnastik, zum Teil aber auch sehr stark Gedächtnisübungen. Zum Zusammenhalten von großen Massen sind sie von großem Werte, weil sich eine Anzahl von Ausübenden einem Befehl unterordnet. Die dazu nötige Aufmerksamkeit bedingt eine gewisse Anstrengung des Erinnerungsvermögens, also eine Inanspruchnahme von Nervenbahnen, die erst durch die Gewöhnung eine Milderung erfährt, während der Bewegungswert dieser Übungen im allgemeinen sehr gering ist.

In den Freiübungen mit und ohne Handgeräte kann der Bewegungs- und Ausbildungswert für die Muskulatur, für Herz und Atmung gesteigert werden, wenn eine sorgfältige Auswahl der Übungen vorgenommen wird.

Wenn man davon ausgeht, daß unsere Muskeln im wachen Zustande ständig in einem Zustande der Spannung (Tonus) sind, so kann man diese Spannung planmäßig auf bestimmte Muskeln konzentrieren und durch koordinierte Übungen oder systematische Widerstände eine intensive Kontraktion einzelner Muskelgruppen herbeiführen, die mit oder auch ohne Handgeräte die Muskeln entwickeln [27]. Zwingt man den Ausübenden dabei, die Aufmerksamkeit auf seine Muskeln zu konzentrieren, seinen Willen also energisch zur Geltung zu bringen, so können solche Übungen eine volle Beherrschung der einzelnen Muskelgruppen herbeiführen (z. B. Spielen des Biceps). Ein solcher Betrieb muß umgekehrt bei neurasthenischen und hysterischen Nervösen möglichst vermieden werden, weil man bei diesen meist die Aufmerksamkeit von ihrem Körper ablenken muß. Nach solchen Übungen sollte man zum Geschmeidigmachen der Gelenke Keulenschwingen oder Übungen an über Rollen gehenden Gummisträngen (Whitely Exerciser) folgen lassen.

Am Herzschlag und an der Atmung sieht man, daß rhythmische Bewegungen, wenn sie automatisch sind, dauernd ausgeführt werden. Man darf deshalb erwarten, daß, wenn es gelingt, die willkürlichen Bewegungen automatisch oder halbautomatisch auszuführen, man sie ohne Ermüdung länger, d. h. auch öfter ausführen kann und durch die Wiederholung des Reizes einen nachhaltigen Anreiz für die Ausbildung der Muskeln gewinnt.

In diesem Sinne hat Spieß in das deutsche Turnen formalistisch das Taktturnen eingeführt, welches in den Reigen bis zur Wertlosigkeit für die Ausübenden gelangt ist.

Die Verirrung von Spieß ist durch Maul noch überboten und auf das ganze Schulturnen übertragen worden. Gleichmäßigkeit der Bewegungen und gleichmäßige Ausbildung aller Schüler bis zu ein und demselben Durchschnittsniveau ist das Ziel dieser Richtung. Eine gewisse gleiche Höhe oder richtige Tiefe einer nach Schulstufen bemessenen gewissen mechanischen Geschicklichkeit ist dort das Endziel.

Im schwedischen Turnen, welches deshalb besonders für die Mädchen als Ergänzung des deutschen Turnens wertvoll ist, hat man die rhythmischen Bewegungen etwas besser nach den physiologischen Eigentümlichkeiten zu gestalten verstanden.

In letzter Zeit hat Jaques-Dalcroze Marschübungen, Atemübungen, Gleichgewichtsübungen zu einem System [28] verbunden, bei dem eine Art plastischer Rhythmus leitend ist. Damit ist der musikalische Rhythmus in eine gymnastisch bessere Bahn geleitet.

Wichtiger ist das Automatischmachen der Übungen überall da, wo das Gleichgewicht in Betracht kommt, z. B. beim Radfahren, Rudern im Rennboot, Reiten, bei denen der Ungeübte dauernd ermüdende und deshalb dem eigentlichen Zwecke abträgliche Spannungen der Becken- und Rückenmuskeln nötig hat, um den Rumpf zu balancieren.

Auch beim Geräteturnen, beim Fechten und anderen kunstvollen und schöne Haltung erfordernden Übungen können Nervensystem und Gedächtnis anfangs stark in Anspruch genommen werden. Dafür lenken diese Übungen aber auch die Aufmerksamkeit stark auf sich und von anderen Dingen ab und können so trotzdem zur Erholung und Ausspannung von geistiger Arbeit dienen. Beim Erteilen von Turnunterricht, der zwischen andere Arbeitsstunden fällt, ist auf diese Dinge sehr zu achten, um geistige Ermüdung und körperliche Erholung in Einklang zu bringen.

Aber auch bei einfachen Übungen, besonders bei denen, die länger ausgeführt werden müssen, ist ein Rhythmischmachen Voraussetzung von Leistungen, und beim Gehen und Marschieren sind vollständige Systeme vorhanden, um die Nervenarbeit des Zentralorgans fast auszuschalten oder auf ein ganz geringes Maß zurückzuführen. Der Reservist muß sich erst wieder einmarschieren, wenn er mit dem Liniensoldaten gleiches leisten soll; der Alpinist muß sich einige Tage einüben, ehe er an eine Hochtour herangeht. Das ist nicht nur physische, sondern auch psychische Übung und Gewöhnung. Vielleicht wird es möglich sein, hierbei die ergographischen Ermittlungen [29] zu verwerten, nach denen eine konstante Arbeit mit schnellem Rhythmus und folgender Verlangsamung, also mit Wechsel, einem langsamen konstanten Rhythmus überlegen ist. Etwas geschieht dies schon, wenn bei Dauerrennen Spurts eingelegt werden.

Indem der Muskel arbeitet, wird er reichlicher mit Blut versorgt, besser ernährt, wächst, wird leistungsfähiger, aber er lernt durch die Übung auch ökonomisch arbeiten. Dies ist der allgemeine Gewinn der Übung. Aber ob geübt oder nicht geübt, einmal tritt doch Ermüdung ein, indem Sauerstoffmangel oder Kohlensäureüberladung des Blutes auftritt, oder Milchsäure als Ermüdungsstoff sich anhäuft. E. du Bois-Reymond hat zuerst Milchsäure als Produkt der Muskelarbeit

nachgewiesen und J. Ranke [30] sie zuerst als Ermüdungsstoff erkannt. Endlich ermittelte Weichhardt [31] das Auftreten eines von ihm Kenotoxin genannten giftigen Ermüdungskörpers bei der Muskelarbeit. Im Einklang damit steht die Beobachtung, daß der Urin des Menschen nach körperlichen Anstrengungen für Versuchstiere giftiger ist als in der Ruhe. Die physiologische Abspaltung des Kenotoxins im Körper der Warmblüter bei und infolge der Bewegung ist wichtig, weil sie aktive Immunisierung oder richtiger Giftfestigung veranlaßt, auf der die Gewöhnung beruht, die sich in Hebung der Leistungsfähigkeit am Kymographion in den Kurven ausspricht.

Bei Beginn von Muskelübungen treten leicht Schmerzen auf, und infolge der Bildung von Ermüdungsstoffen, die als Selbstgifte wirken, auch fieberhafte Temperatursteigerungen. Aber selbst bei Geübten erhebt sich bei Wettkämpfen die Temperatur stets etwas, oft über 38° bis selbst zu 41° C. Man muß deshalb nach der Arbeit dem Körper die genügende Ruhe geben, um sich dieser Ermüdungsstoffe durch die Haut, besonders aber durch Nieren und Darm zu entledigen.

Wenn trotz Anzeichen von Ermüdung eine Leistung erzwungen werden soll, so ist dies nur möglich durch Anwendung von Reizmitteln (alkohol-, kokain- oder theinhaltigen Mitteln), die wie eine Peitsche wirken, oder es treten direkte Niederbrüche ein, die im Alpinismus als subjektive Unfälle eine bedauerliche Rolle spielen. Versuchsweise hat man zur Verhütung der Übermüdung beim Radfahren und Laufen Sauerstoffinhalationen angewendet und kürzlich Löwy Injektionen von Spermin. Geheimmittel zur Anregung im Rennen nennt man Dopings.

Man könnte im Sinne der Serumtherapie auch an die Injektion von Antitoxinen der Ermüdungsgifte denken. Wenn man durch Einführung von Antikenotoxin Tiere passiv immunisiert oder giftfest macht, also an größere Giftgaben gewöhnt, vertragen sie sehr hohe Dosen des Kenotoxins. Sie bleiben frisch und munter, während unvorbehandelte und mit gleichen Gaben des Toxins injizierte Tiere soporös werden, Niedergang der Temperatur bis unter 30° und Verlangsamung der Atmung zeigen. Die mit Gegengift vorbehandelten Tiere haben aber frischen Tieren gegenüber einen erheblichen Schutz gegen die Giftwirkung passiv erfahren, verhielten sich also wie Tiere, die an die schwere, erschöpfende, vergiftende Körperübung aktiv gewöhnt waren. Beim Menschen waren die Versuche nicht so deutlich, doch waren nach Einführung von Antitoxin bei gut Trainierten die Ergographenkurven höher und länger als bei Ungeübten.

Aber derartige Bekämpfungsweisen, die in einem besonderen Falle einmal angezeigt sein könnten, würden, zur Gewohnheit geworden, schwere Schädigungen herbeiführen. Auf jeden Fall täuscht ein solches Vorgehen über die Gefahren zu häufiger Übermüdung und verhindert deshalb die richtige Anpassung des Körpers, die aktiv durch Übung und Selbstgewöhnung an das Ermüdungsgift und nicht passiv durch Einspritzung des Gegengiftes erfolgen sollte.

Dem Zustande des Übertrainings und der erschöpfenden Übermüdung muß deshalb durch richtigen Betrieb der Körperübungen entgegengearbeitet werden, damit im Falle der Not der Körper wirklich einmal etwas zusetzen kann. Das planmäßige Üben der Kräfte bewirkt eine ökonomische Ausnützung der Nahrungsmittel als Energiequelle, eine promp-

tere Ausscheidung der Ermüdungsstoffe, durch zeitweiliges Enthalten von Genüssen (Alkohol, Tabak, Liebe) eine wertvolle Selbstzucht und durch das Überwinden von Schwierigkeiten eine Steigerung des Selbstvertrauens. Das gelegentliche Treiben der Übungen bis zum äußersten Grade hat deshalb hygienisch keine Bedenken, weil bei folgender ausreichender Ruhe bei Gesunden in Kürze wieder vollständige Herstellung eintritt. Ein Training zu Höchstleistungen kommt nur Gesunden zu und deshalb müssen in der Schule Turnlehrer und Arzt, in Sport- und Turnvereinen Trainer und Arzt zusammen arbeiten, was übrigens nach Galen und Philostrat schon eine Forderung der klassischen griechischen Gymnastik war.

Die Schnelligkeitsübungen zur Fortbewegung des Körpers (Gehen, Laufen, Rudern, Schwimmen, Radfahren) bilden neben den besonderen Muskelgruppen, welche zur Leistung direkt erforderlich sind, besonders Lunge und Herz aus Gegenüber dem Liegen nimmt nach Ed. Smith [32] die Atemgröße zu beim Schnellgehen um das 3—4fache, beim Schnellauf um das 7fache, nach Kolb beim Schnellrudern sogar um das 20fache.

Wird die Strecke verlängert, so muß die Geschwindigkeit herabgesetzt werden und die Übungen werden zu Dauerübungen. Die Übermüdung von Herz und Lunge ist bei denselben nicht so groß wie bei den Schnelligkeitsübungen. Während bei diesen die Ermüdung von Herz und Atmung in den Vordergrund tritt, tritt bei den Dauerübungen die allgemeine Ermüdung mehr hervor, um in den Dauermärschen die gefährlichsten Zustände zu erreichen.

Die Kraftübungen nehmen entweder mehrere kleine Muskelgruppen mehr lokalisiert in Anspruch, wie beim Geräteturnen und bei den Freiübungen mit Belastung, oder große Muskelbezirke allgemeiner, wie beim Heben von schweren Gewichten, Ringen, Faustkampf. Die lokalisierten Muskelübungen nehmen Atem- und Kreislauf direkt nur wenig in Anspruch, wenn nur Pressungen durch richtige Atemtechnik vermieden werden, haben aber auch für deren Ausbildung nur geringen Wert. Die allgemeinen Kraftübungen können durch die Pressungen für das Herz manchmal noch bedenklicher werden.

Die Geschicklichkeits- und Schlagfertigkeitsübungen reihen sich den lokalisierten Kraftübungen am nächsten an, doch treten bei ihnen die Anforderungen an das Zentralnervensystem zur Beherrschung der Übungen stärker in den Vordergrund, z. B. beim Fechten.

Herz und Lunge bedürfen noch einer besonderen Besprechung. Die Herzgröße steht bei den Tieren in einem Verhältnis zur Masse (Gewicht), Körperoberfläche und Arbeit. Das Herz eines schweren Pinzgauer Zugpferdes wiegt nur bis zu 5 kg, das eines Rennpferdes 6 kg und mehr. Will man das Rennpferd als ein künstliches Züchtungsprodukt zur Beurteilung nicht gelten lassen, so darf man darauf hinweisen, daß auf 1000 g Körpergewicht das Herzgewicht bei dem Hausschwein 4,52, bei dem Menschen 5, bei dem Reh aber 11,5 g wiegt. Man muß deshalb erwarten, daß bei dem körperlich kräftigeren und mehr Körperübungen Treibenden das Herz stärker, größer und schwerer ist als bei einem schwächeren und körperlich weniger Geübten.

Kraft des Herzens und Volumen desselben sind allerdings nicht identisch und wir finden gerade bei fetten schweren Leuten, die ohne Training

einseitige Kraftübungen treiben (Gewichtsstemmer, Bierbrauer) oft sehr große, aber wenig leistende Herzen, Fett- oder Trinkerherzen als Folge der übermäßigen Ernährung und der Bewältigung von großen Flüssigkeitsmassen. Diese schon krankhafte Form ist auseinander zu halten von der Herzvergrößerung, die als Anpassung an stärkere Arbeit sich als Arbeitshypertrophie, namentlich des linken Ventrikels, ausbildet (Arbeiterherz). Bei gleicher Größe hat der Muskelreichere und Schwerere auch ein größeres Herz.

Von einigen Ärzten — zuerst von Schott 1890 auf dem Kongreß für innere Medizin — wird in den letzten Jahren die Zunahme von Herzkrankheiten etwas einseitig und zum Teil direkt irrtümlich mit der Zunahme des Sportbetriebes in Verbindung gebracht, während tatsächlich die Zunahme von Herzkrankheiten schon viel länger zu vermerken war. Reibmayr hatte deshalb die Beobachtungen aus England, daß dort Krebs- und Herzkrankheiten in demselben Maße zugenommen haben, wie die Tuberkulose abnahm, unter der Bezeichnung „transformierter" Tuberkulose richtiger im Sinne einer Änderung in den Krankheitsanlagen durch Änderung der sozialen Zustände gedeutet [33]. Nach Brehmers reichen Erfahrungen spielt aber gerade bei der Entstehung der Lungentuberkulose ein schwaches Herz eine große Rolle und dies ermittelte auch neuerdings R. Beck [34].

Daß Überanstrengungen des Herzens zweifellos vorkommen, hat zuerst der berühmte Leibarzt des großen Napoleon, Corvisart, festgestellt. In genauer Weise wurde aber erst von Thurn [35] und Fräntzel [36], später auch von Schumberg [37] ermittelt, daß bei Soldaten nach langen Marsch- und Kriegsstrapazen akute Dilatation des Herzens eintritt, die auch in ein chronisches Stadium übergehen kann und nicht immer durch sekundäre Hypertrophie ausreichend kompensiert wird.

Bei Schwergewichtsathleten, Ringern und bei Radfahrern habe ich früher öfters akute Dilatationen beobachtet und dasselbe haben Albu [38] bei Radfahrern, A. Smith und Mallwitz [39] bei Radfahrern, Ringern und Gipfelturnern, Albu und Caspari [40] bei Dauergehern, Selig [41] an Ringkämpfern, Pfeifer [42] an Radfahrern, Buschan [43] bei Radfahrern festgestellt.

Es scheint aber, daß selbst bei extremen Übungen bei gesunden Herzen akute Dilatation nicht unerläßlich ist und stets schnell vorübergeht.

Wie wir schon an der Hypertrophie, besonders des linken Ventrikels des Arbeiterherzens sehen, führen aber derartige dauernd starke Anforderungen zu einer Verstärkung seiner Muskulatur gerade so wie bei dauernd einseitig überanstrengten Skelettmuskeln. Es geht nicht an, Zustände, bei denen die Größe und Arbeitsfähigkeit des Herzens der Größe der Leistung entspricht und keinerlei gesundheitliche Nachteile vorhanden sind, an sich schon als pathologisch anzusprechen.

Herzhypertrophie, bezüglich ein großes Herz, kann einen normalen, es kann aber auch einen pathologischen Zustand darstellen, und das muß in sorgfältiger Überlegung aller Verhältnisse in jedem Falle einzeln festgestellt werden. Bei der Rekrutierung werden aus ungenügender Berücksichtigung dieser Umstände oft Mißgriffe gemacht.

Auf jeden Fall muß das Herz so kräftig sein, um die ihm zukommende Arbeit in Überwindung der Widerstände des Gefäßsystems leisten zu können. Dieser Widerstand erfolgt entweder in der vor der Strömung

liegenden Blutbahn als Druck von der Pulmonalis aus oder durch gesteigerte Zufuhr von hinten als Druck von der Hohlvene ohne die Möglichkeit genügend schneller Entleerung des Herzens. Die bei Stauungen im rechten Herzen klinisch öfters vermerkte Leberschwellung, die auftritt, weil bei zu großem Zuflusse zum rechten Herzen die Lebervenen den Überfluß des Blutes aufnehmen müssen, dürfte wohl auch akut bei Überanstrengung des Herzens und dann vorübergehend auftreten, so daß die Leber bei ihrer gewaltigen Größe als Sicherheitsventil für das Herz in Betracht kommt; in der Ruhe fassen ja Leber und Muskulatur gleichmäßig je $^1/_4$ der ganzen Blutmasse.

Diese Widerstände sind, wie aus dem früher Dargelegten sich ohne weiteres ergibt, bei den einzelnen Übungen, aber auch in den verschiedenen Altersstufen sehr verschieden. Übungen, bei denen wie bei den lokalisierten und generalisierten Muskelübungen (viele Geräteübungen, besonders am Barren, Gewichtsstemmen) eine Fixierung des Brustkorbes erfolgen muß und deshalb die Atmung leicht unterbrochen wird, erhöhen die Widerstände und damit die Arbeit des Herzens, während dies bei den Schnelligkeitsübungen in viel geringerem Maße der Fall ist. Daraus ergibt sich, daß die Körperübungen, welche die Gesamtmuskulatur ausbilden, den Körper relativ muskelstark machen und dadurch das Gewicht erhöhen (schwere Athletik, Geräteübungen), auch ein größeres Herz ausbilden, als die Übungen der Leichtathletik (Laufen, Wurfübungen). Die letzteren Übungen, ferner Radfahren und Rudern erfordern, wenn sie sportlich einseitig betrieben werden, keine starke Gesamtmuskulatur, sondern nur die planmäßige Ausbildung und Übung der Muskeln, die gerade zur bestmöglichen Ausführung solcher Übungen nötig sind [44].

Dabei ist natürlich zu beachten, daß infolge der planmäßigen Übungen dem Herzen alles überflüssige Fett genommen wird und dasselbe seine größtmögliche Zusammenziehungsmöglichkeit rein entfalten kann. Aber auch bei dieser idealen qualitativen Leistung steht die Größe des Herzens stets im Verhältnisse zur Arbeit und Gesamtmuskulatur. Ein durch diese Übungen ausgebildetes Herz ist keiner stärkeren Rückbildung ausgesetzt, wenn die Übungen später weniger eifrig betrieben werden. Sie entsprechen am meisten der Idealausbildung des normalen Herzens. Bei dieser Ausbildung des Herzens nimmt in jedem Training die Zahl der Pulsschläge ab.

Aus diesem Grunde muß ich mich auch mit der größten Entschiedenheit gegen die größeren Dauermärsche mit und ohne Gepäck und noch mehr gegen ihre häufige Wiederholung aussprechen, die bei den Vegetarianern besonders beliebt sind.

Es kommt bei diesen Gewalt- und Dauermärschen noch in Betracht, daß die Energie nicht aus der in der Marschzeit zugeführten Nahrung vollständig bestritten wird, sondern zum Teil den Reserven entnommen werden muß, wodurch eine starke Erschöpfung herbeigeführt wird. Die Möglichkeit dazu ist aber gegeben, weil das Protoplasma nach Art eines Akkumulators geladen wird und nicht nach Art einer kalorischen Maschine arbeitet (Hueppe [45]). In den einzelnen Phasen kann die Muskelzelle ihre Arbeit mit dem vorhandenen Sauerstoff, nach Erschöpfung desselben aber zeitweilig auch anaerob, ohne Sauerstoff und dann thermisch viel unökonomischer ausführen (Hueppe, l. c., Zuntz [46]).

Die Inanspruchnahme pro Tag ist oft größer als die Möglichkeit der Nahrungszufuhr in der Ausführungszeit, und diese gewaltsamen Stoffwechsel-

veränderungen können besonders im Herzen degenerative Vorgänge hervorrufen, die mehr oder weniger lange nachwirken und eine funktionelle Kumulation bewirken. Nach solchen objektiv durch die ärztliche Untersuchung einwandfrei feststellbare Überanstrengungen, Gewaltmärschen, Hochtouren, Radtouren, wird durch Ruhe nicht immer die Leistungsfähigkeit der Körpermuskulatur und des Herzens ausgeglichen. Manche Leute erholen sich wohl schnell vollständig, aber viele haben davon auch dauernden Schaden, so daß man die scheinbar imponierenden Leistungen oft ganz anders werten sollte. Die zugeführte Energie der Nahrung wird allerdings sehr vollständig ausgenützt.

Zuerst erwähnte Mürzinger [47] unter der Bezeichnung „das Tübinger Herz“ Bergsteigen als Ursache idiopathischer Herzhypertrophie, und neuerdings machte R. Beck [48] auf diese Gefahr besonders im Hinblick auf die Übertreibungen der alpinen Touristik aufmerksam, weil kein Herz auf die Dauer eine derartige beträchtliche Mehrarbeit verträgt. Das Touristenherz besteht nach ihm in der Mehrzahl der Fälle in einer Schädigung des Herzmuskels (Myokarditis), auch wenn von einer Hypertrophie sich nichts nachweisen läßt.

Infolge der energischen Kontraktion des geübten Herzens und der Aufnahme des Blutes in die massige Muskulatur kann, wie Kolb [49] schon vermutete, bei rationellem Betriebe der Schnelligkeitsübungen vielleicht sogar eine Verkleinerung des Herzens erfolgen. Beim Training zu Höchstleistungen hat dies nun A. Smith [50] tatsächlich für die Übungen der leichten Athletik orthodiagraphisch für die frontale Ebene festgestellt und unabhängig von ihm haben dies Kienböck, Selig und Beck [51] bei Schwimmern ermittelt und Dietlen und Moritz [52] bei Radfahrern bestätigt. Vollständig befriedigend ist die Tatsache noch nicht erklärt. Es könnte auch noch der Wasserverlust des Blutes durch das Schwitzen in Betracht kommen; ferner könnte die größere Schlagfolge es bewirken, daß die diastolische Herzfüllung trotz des zu bewältigenden Mehr an Blut in der Einzelkontraktion geringer wird. Aber es kann auch bei behinderter Verbreiterung des Herzens in der frontalen Ebene nach beiden Seiten die Verbreiterungen in der Sagittalebene von vorn nach hinten stattgefunden haben und deshalb nicht erkannt, also nur eine scheinbare Verkleinerung vorgetäuscht sein. Diese Verkleinerung bei der Arbeit hat aber mit absoluter Kleinheit oder geringer Wandstärke des Herzens nichts zu tun. Diese wirkliche oder scheinbare Verkleinerung des Herzens als Zeichen prompten Funktionierens in Überwindung der gegebenen und während der Arbeit erhöhten Widerstände darf mit absolut kleinem Herzen nicht verwechselt werden, wie wohl aus dem Vorausgesagten deutlich hervorgeht.

Zu einem normalen Arbeiten des Herzens gehört auch eine richtige Atemgymnastik, und diese sollte systematisch als Spitzen-, Flanken- und Zwerchfellatmen geübt werden. Es genügt durchaus nicht, daß man die Lunge sich automatisch nach der Intensität der Bewegungen richten läßt; man darf nie bei Kontraktion der Brust- und Bauchmuskeln einatmen und muß Ein- und Ausatmung mit der Bewegung in Einklang bringen lernen und besonders auch die Ausatmung so ausführen, daß stärkere Pressungen selbst bei lokalisierten Übungen vermieden werden.

Im Hochgebirge tritt schon in der Ruhe eine Änderung der Atmungsmechanik ein, die auch auf den Kreislauf und den Chemismus des Blutes

von großer Bedeutung ist [53], so daß einfache Bergwanderungen ohne sportliche Hochziele dort schon günstigste Einflüsse ausüben, wie man sie sonst kaum erreichen kann.

Die Atemgymnastik gestattet bei starken Körperübungen schneller zur Norm zurückzukehren und wirkt auch psychisch äußerst günstig. Angstzustände, selbst wirkliche Furcht werden sofort überwunden, wenn man tief und ruhig atmen kann. Die regelmäßigen Atmungsübungen sind auch ein treffliches Mittel, um gegen die zunehmende Erstarrung des Brustkorbes im Alter anzukämpfen.

Die Arbeit des Herzens hängt stark von der Flüssigkeitsmenge ab, die es zu bewältigen hat, so daß auch ohne schwere körperliche Arbeit das Herz hypertrophieren kann, wie man dies an dem Münchener Bier- und dem russischen Teeherzen sieht. Um in Körperübungen etwas zu leisten, muß man eine Ernährung wählen, welche für Aufbau und Erhaltung der Muskulatur und für den Energieumsatz ökonomisch vorteilhaft ist. Das subjektiv Schwierigste dabei ist nun nach unseren Erfahrungen nicht so sehr die nach Ländern wechselnde und deshalb gar nicht generell nach einem Schema zu beurteilende Zufuhr der festen Nahrung, als vielmehr die rationelle Regelung der Flüssigkeitszufuhr.

Die Gewöhnung an das Durstgefühl und die Beschränkung der Flüssigkeit auf das unbedingt notwendige Maß ist bei weitem das Wichtigste, weil damit die Arbeit des Herzens, der Nieren und der Haut im engsten Zusammenhange steht [54].

Die Funktion der Haut (näheres folgt später) ist sowohl für Atmung als Wasserausscheidung in guter Verfassung zu erhalten und dabei ist besonders wichtig, daß sie schwitzfähig bleibt, aber nicht stark ins Schwitzen kommt, was nur durch systematisches Training und Berücksichtigung der Kleidung und Gepäckverteilung zu erreichen ist. Durch Minderung des Wassergehalts wird das spezifische Gewicht des Körpers erhöht und der Gehalt an roten Blutkörperchen und Hämoglobin relativ erhöht (Hueppe [55]).

In der wärmeren Jahreszeit und in den tropischen Klimaten ist in dieser Beziehung ganz besonders wichtig, daß Alkoholgenuß das Schwitzen vermehrt und deshalb die Anpassung erschwert.

Die Minderung der Wasserausscheidung muß auch in ihrer Beziehung zur Ausscheidung der Endprodukte des Stoffwechsels, speziell zu Kreatin, Xanthin und zur Harnsäure betrachtet werden. Würden bei einem Fleischfresser durch Schwitzen die Mengen von Blut und Gewebsflüssigkeiten stark vermindert, so würden diese nur in größeren Mengen warmen Blutwassers löslichen Stoffe ausfallen und nicht aus dem Körper genügend oder genügend schnell entfernt werden und sich als Selbstgifte anhäufen. Der Schutz der Fleischfresser gegen diese Gefahr besteht darin, daß sie als Anpassung an ihre Ernährungsbesonderheiten verkümmerte Schweißdrüsen haben. Das kaum wahrnehmbare, man kann fast sagen das Nichtschwitzen schützt den Fleischfresser gegen die Gefahr der Anhäufung dieser Stoffe im Blute und gegen ihre Ablagerung und damit gegen deren Giftwirkung. Wegen des Nichtschwitzens schadet dem Fleischfresser die reine Fleischnahrung nicht.

Fleischnahrung ist aber für uns nur der Ausdruck einer ausreichend eiweißreichen Ernährung und die genügende Zufuhr von Eiweiß sichert den Betrieb kräftiger Körperübungen. Wir haben aber selbst im Training gar

keine Fleischnahrung, sondern eine gemischte Kost. Will man vom sportlichen Standpunkte einen Theorie und Praxis berücksichtigenden Einblick gewinnen und nicht schablonenhaft diese Dinge beurteilen, so muß man bei der Sportdiät diese wechselseitigen Verhältnisse von der Zusammensetzung und Ausnützung der Nahrungsmittel, von Herz-, Nieren und Hautarbeit berücksichtigen.

Die Anforderungen an die Nieren können im Wettkampfe sehr groß werden und man beobachtet, gleichgültig, ob das Eiweiß dem Tier- oder Pflanzenreiche entnommen war, wie bei Fieber, sehr häufig das Auftreten von Eiweiß im Urin, aber selbst von hyalinen und granulierten Zylindern, manchmal auch von Blutkörperchen. Bei gesunden Leuten gehen diese Erscheinungen nach meinen Erfahrungen stets schnell zurück und hinterlassen keine dauernden Schädigungen. Es ergibt sich aber auch daraus, daß nur gesunde, ärztlich untersuchte Leute an den Wettkämpfen teilnehmen sollen.

Wer Körperübungen berufsmäßig Tag für Tag in derselben Weise betreibt, kann seine Ernährung, wie wir das an den schwer arbeitenden Bevölkerungsschichten in Stadt und Land sehen, ganz anders einrichten, als jemand, der zu einer bestimmten Höchstleistung sich in kurzer Zeit vorbereitet. Im ersten Fall handelt es sich um eine gewohnheitsmäßige, im Laufe von Jahrhunderten ausgebildete Ernährungsweise, an die man von Jugend an gewöhnt ist, die den wirtschaftlichen Verhältnissen des Landes Rechnung trägt, deshalb hartnäckig festgehalten wird und praktisch kaum änderungsfähig erscheint. Im anderen Falle handelt es sich um eine von der gewöhnlichen Ernährung mehr oder weniger abweichende, die auf ein bestimmtes Ziel eingestellt ist und bei der deshalb der Charakter eines Zwanges nicht immer ausgeschaltet werden kann.

Die Tatsache, daß unter den ersteren Verhältnissen große Leistungen, besonders auch Dauerleistungen im Marsche (Jäger, Bergführer) mit vorwiegend vegetabilischer Ernährung erzielt werden, beweist gar nicht, daß eine vegetarianische oder gar eine eiweißarme Nahrung zum Erreichen von sportlichen Leistungen geeignet ist.

Zunächst sind sportliche Übungen stets als schwere Körperarbeiten zu betrachten und der schwer arbeitende Mann bedarf einer seiner Muskelmasse entsprechenden Menge von Eiweiß und die nötigen Kalorien für den Stoffwechsel, die dem Eiweiß, den Fetten und Kohlehydraten entnommen werden können. Durch die Berufsarbeit gewinnt der Körper bestimmte Eigentümlichkeiten, die sich in der Konstitution sichtbar ausdrücken und die wir deshalb sportlich in ihren Grundzügen sehr gut verwerten können. Der sehnige, drahtige Sportsmann unterscheidet sich auf den ersten Blick von dem behäbigen Skat- und Bierphilister.

Nach der in Jahrtausenden ausgebildeten Ernährung steigert der arbeitende Mann in der ganzen Welt die drei Gruppen von Nährmitteln, so daß er auf jeden Fall, mit der Schwere der Arbeit zunehmend, auch stets mehr Eiweiß aufnimmt. Dieses aber gewinnt er fast ungesucht, indem er durch die Arbeit im Freien in den Stand gesetzt wird, von den gewohnten Nährstoffen mehr aufzunehmen. Mit dem dem Mehr an Arbeit entsprechenden Mehr an Nahrung nimmt er das erforderliche Plus an Kalorien und Eiweiß ein. Aber er vergrößert damit auch das Volumen der Nahrung stärker, als für sportliche Zwecke gewünscht wird.

Zur Minderung des Ballastes sucht aber selbst unter solchen Gewohnheitszuständen das Volk überall die Erhöhung von Eiweiß durch Zufuhr von Fleisch zu ermöglichen. Wenn Baelz angibt, daß einige seiner Wagenzieher in Japan durch Fleischzufuhr stärkeres Ermüdungsgefühl und verminderte Leistungsfähigkeit vermerken wollten, so steht diesen Beobachtungen gegenüber fest, daß in Japan die Kost in Heer und Marine der europäischen stark angenähert werden mußte, und zwar gerade durch Fleischzufuhr, um die Japaner leistungsfähiger zu machen und den Verheerungen durch Beri-Beri entgenzutreten. Es ist einfach eine Unwahrheit, wenn die Siege der Japaner gegen die Russen als Siege von Vegetarianern gegen Fleischesser dargestellt werden.

Albertoni und Rossi [56] haben kürzlich für die rein vegetabilisch ernährte Bevölkerung in Süditalien, in den Abruzzen, ebenfalls eindeutig festgestellt, daß durch Zufuhr von Fleisch diese Nahrung viel vollkommener als vorher ausgenützt wurde und daß damit die Körperkraft und Leistung außerordentlich zunahm.

Die Feststellungen von Chittenden [57] über Kraftleistungen und von Irwing Fisher [58] über Dauerleistungen von Amateurathleten mit starker Herabsetzung des Eiweißgehalts haben keine allgemeinere Bedeutung, wie Benedict [59] und Albu [60] richtig erkannten. Zur Erzielung des N-Gleichgewichts kommt man mit größeren und mit kleineren Eiweißmengen aus, und individuell kann das Minimum sehr klein sein. Aber es kommt gar nicht darauf an, den niedrigsten Eiweißgehalt einzuhalten, mit dem das N-Gleichgewicht zu erreichen ist, sondern auf den Gehalt an, mit dem energetisch und ökonomisch im Sinne der gegebenen wirtschaftlichen Verhältnisse am besten gearbeitet werden kann. Nach Rubner setzt der fette Mensch bei stärkerer Eiweißzufuhr Stickstoff an, während der magere sich damit bald ins Gleichgewicht setzt, d. h. es sofort energetisch verwertet; und ich bin geradezu zu dem Schlusse gekommen, daß eine eiweißarme Nahrung — trotz des N-Gleichgewichts — selbst bei großer Kalorienzahl „eine Art langsamen Hungertodes mit bedeutender Herabsetzung der Leistungsfähigkeit“ ist. Auf diesem Niveau waren die schon vorher schlanken Athleten von Chittenden angelangt, die Gewichtsverluste bis 9 kg aufzuweisen hatten. Auf die Dauer ist eine solche Ernährung durchaus irrationell und schädlich.

Eine kräftige Nahrung ergänzt ganz eindeutig die Körperübungen. Dann gelingt es, die ganze körperliche Erscheinung einer Bevölkerung zu heben im Sinne positiver aufbauender Sozialhygiene. Dadurch ist es auch zu erklären, daß trotz der Entartungsgefahren bei uns mit zunehmender Wohlhabenheit die Körpergröße im Zunehmen begriffen ist.

Infolge besserer Ernährung tritt in den wohlhabenden Ständen die Pubertät früher ein als in den sozial ungünstiger gestellten, in der Stadt früher als auf dem Lande. Mit früher eintretender Reife erreichen diese Leute schon im wehrfähigen Alter vor Abschluß des Längenwachstums eine größere Körperlänge, was die Unterschiede zugunsten der Wohlhabenden und Städter bei der Rekrutierung erklärt. Der Vergleich mit früheren Perioden, nach Militärstatistik, Knochenresten, Kleidung, Bewaffnung beurteilt, macht es, da die Rekrutierung stets in denselben Jahren stattfand,

wahrscheinlich, daß auch eine Erhöhung des Durchschnittsmaßes der ausgewachsenen Individuen stattgefunden hat.

Aber auch die Einzel- und Massenleistungen sind trotz aller Romanphrasen jetzt sogar größer als in früheren Zeiten [61].

Bei der ganz gekünstelten modernsten vegetarianischen Ernährung (Nußkonserven nach Kellogg) wird gerade das Natürliche der Volksernährung aufgehoben im Gegensatze zu der vegetabilischen Volksernährung und der früheren „naturgemäßen“ Lebensweise, bei der durch den Ballast unverdaulicher Stoffe (Zellulose), die aber als Reize nicht zu entbehren sind, die Ausnützung des Pflanzeneiweißes und der gesamten Kalorien erschwert wird [62]. Es ist nun wichtig, daß infolgedessen jede „natürliche“ vegetarianische Ernährung eine außerordentliche „Verdauungsarbeit“ erfordert, durch welche „sich unsere Nahrung zum Teil selbst auffrißt“ (Zuntz [63]), d. h. ein ziemlich großer Teil der Energie der Nahrungsmittel wird zur Verdauungsarbeit verbraucht, dem Kraftwechsel und Ansatz also entzogen, und in der einfachen natürlichen Volksernährung ist Masse und Zellulose nicht auszuschalten.

Nach meiner Definition [64] bezweckt die Diät beim Trainieren zu maximalen Körperübungen: „Abnahme des Wassergehalts des Körpers, Erhöhung des spezifischen Gewichts, Erhöhung des Bestands an zirkulierendem aktiven Serumeiweiß und Vermehrung der roten Blutkörperchen“. Das erfordert aber eine ausreichende und keine minimale Zufuhr von Eiweiß, die eben zur Erhaltung des N-Gleichgewichts ausreicht.

Bei der Bedeutung der Zubereitung der Nahrung und der Reize und Geschmacksstoffe für Aufnahme und Ausnützung derselben, die durch Pawlow [65] auch eine wissenschaftliche Begründung erfahren hat, wird es stets individuell sein, ob man die nötigen Eiweißmengen mehr dem Pflanzen- oder mehr dem Tierreiche entnimmt. Das Fleisch hat nun für uns, die wir in der Mehrzahl an gemischte Kost gewöhnt sind, wegen der Vielseitigkeit seiner Verwendung als Reiz- und Genußmittel einen fast noch höheren Wert, denn als Eiweißlieferant. Ähnlich wie ich hat auch Rubner [66] vor kurzem ein Mehr an Eiweiß über das individuell mögliche Minimum als „Sicherheitsfaktor“ gefordert und Forster [67] darauf hingewiesen, daß nur bei relativ reichlichem Eiweiß die Verdauungsfermente und die Schutzstoffe ausreichend gebildet werden, welche der Organismus zur Abwehr von Giften und Infektionsstoffen bedarf. Die Auffassung von Pflüger [68] ist durch keine Ermittelung erschüttert worden: „Eine Zulage von Eiweiß zu dem Erhaltungsfutter bedingt eine Vergrößerung des Stoffwechsels und der Leistungsfähigkeit des Geschöpfes“.

Die Gefahr der Harnsäureüberladung, die Haig [69] maßlos übertrieb, weil er die angegebenen Faktoren in ihrem Zusammenhange nicht würdigte, wird auch dadurch bekämpfbar, daß man erkannte, daß die Harnsäure nicht aus Eiweiß, sondern aus der Nukleinsäure, einem Bestandteile des Zellkernes, entsteht, so daß es nach Abderhalden [70] bei der Ernährung zur Vermeidung dieser Gefahr mehr auf eine Verminderung zellreicher Substanzen ankommt.

Die schon recht zahlreichen individuellen Erfahrungen, nach denen man mit einem außerordentlichen Minimum von Eiweiß nicht nur das N-Gleichgewicht erhalten und eben bestehen, sondern selbst Körperübungen ausführen kann und nach denen man eine rationelle künstliche vegetarianische Lebens-

weise selbst zum sportlichen Betriebe zu verwenden vermag, haben mit Rücksicht auf die außerordentlichen örtlichen Schwankungen der ökonomischen Verhältnisse und die jahrhundertelangen Gewohnheiten der Bevölkerung und die außerordentlich schwankende individuelle Anpassungsfähigkeit an eine Zwangsdiät keinen allgemeinen Wert.

Wir müssen durchaus konform den Erfahrungen der Massenernährung im Prinzip daran festhalten, daß sportliche Körperübungen als mittelschwere bis schwere und selbst extrem schwere Arbeiten anzusprechen sind. Schwere Arbeit aber fordert gegenüber der Ruhe und leichten Arbeit nicht bloß ein Mehr an Kalorien, sondern auch wegen der stärkeren Konstitution und Abnützung ein Mehr an Eiweiß, während gleichzeitig eine Minderung des Ballastes erwünscht ist, um die Verdauungsarbeit herabzusetzen und damit den reinen Energiewert der Nahrung zu erhöhen. Ich habe pro 1 kg Körpergewicht als Bedarf für mittelschwere Arbeit — bei kräftigen Berufsarbeitern — als besten Durchschnittswert ermittelt 40 bis 43 Reinkalorien mit 1,6—1,8 g Eiweiß, und bei schwerer Arbeit 45—50 Reinkalorien mit 2,0—2,5 g Eiweiß. Gegenüber ca. 1600 Kalorien in der Ruhe kommt man für 70 kg bei mittlerer Arbeit auf ca. 3000, bei schwerer Arbeit auf 3500—4000, im Sport aber bis zu 7000—8000 Kalorien. Bei Sportübungen extremer Art (6-Tage-Radfahren) wurden von Atwater und Benedict [71] bis zu 10000 und selbst auch 11000 Kalorien in 24 Stunden festgestellt.

In einer unseren Volksgewohnheiten entsprechenden Weise erreicht man die Erhöhung an Eiweiß und Kalorien bei gemischter Nahrung meist am besten durch eine Steigerung der Fleischzufuhr. Dabei muß aber die Art, wie die N-freien Bestandteile (Fette und Kohlehydrate) vermehrt werden, beachtet werden. Bei Steigerung der Fleischzufuhr, aber auch bei Steigerung jeder Eiweißzufuhr muß (Pflüger [72], Hueppe [73], Rubner [74]) beachtet werden, daß der N-freie Teil des Eiweißes mit ca. 50 Proz. Kohlenstoff zum Energieumsatz ebensogut isodynam herangezogen werden kann wie Fette und Kohlehydrate.

Nach meinen Ermittlungen wird, wenn Fleisch im Training in stärkerem Maße genossen wird, tatsächlich das ganze Eiweißmolekül angegriffen und umgelagert, indem ich eine Vermehrung des Harnstoffes bis 25, der Harnsäure um 120, der Phosphorsäure um 80 Proz. im Harn feststellen konnte. Die Eiweißspaltungsprodukte (Aminosäuren) können als N-Reste wohl zum Wiederaufbau des aktiven lebenden Eiweißmoleküls mit verwertet werden und dadurch dürfte vielleicht das Eiweißminimum und der geringe N-Umsatz bei Körperübungen verständlich werden, weil die C-Gruppen bei Steigerung von Fetten und Kohlehydraten stets reichlich zugeführt werden, so daß stets wieder Synthesen der N-Reste mit den neuen C-Gruppen und mit Salzen möglich erscheinen. Auf jeden Fall muß mit der älteren Auffassung gebrochen werden, daß Eiweiß nur Baustoff, die Fette und Kohlehydrate nur Verbrennungsstoffe sind; in Wirklichkeit ist auch Eiweiß ein wertvoller Verbrennungsstoff und die Fette und Kohlehydrate sind auch Baustoffe.

Aus den Versuchen von Atwater, Benedict und Zuntz und seinen Schülern geht ganz eindeutig hervor, daß beim Wechsel der Ernährung eine Umgewöhnung erfolgen muß. Daraus erklärt sich zum Teil, weshalb individuell bei den gleichen Leuten bald die vegetarianische, bald die gemischte Kost besser ausgenützt wird, aber auch, weshalb bei den jetzt in

Gang befindlichen allgemeinen Umänderungen in der Volksernährung durch die Landflucht und die Übervölkerung der Städte noch kein vollständiger Ausgleich erfolgt ist (Grotjahn [75], Rubner [76], Kaup [77]).

Man hat bei der Sportdiät am meisten zu überlegen, wie man genügend Eiweiß und Kalorien beschafft ohne Steigerung von Ballast, und das geht in sehr verschiedener Weise. Im längeren Wettkampfe selbst sind Konserven von Fleischmehl und Nüssen, Kakes, Schokolade usw. sehr nützlich. Aber zur Regelung der Diät während der ganzen Trainingsperiode sollte man eine gute und bekömmliche Diät, an die man gewöhnt ist, möglichst wenig ändern und nur die Steigerung nach den vorhin dargelegten Gesichtspunkten bewerkstelligen. Ratschlägen einseitiger Art gegenüber, besonders wenn sie von früheren Kranken ausgehen, sei man sehr vorsichtig. Gewohnheit und ökonomische Verhältnisse weisen die meisten auf gemischte Kost.

Ich rate, Zucker nur in Mengen von 50—100 g stückweise in Wasser einzutauchen, auf der Zunge zergehen zu lassen und mit einem Schluck Wasser nachzuspülen, als Regel jedoch die natürliche Zuckerbildung aus stärke- und dextrinhaltigen Produkten, wie Biskuit, Kakes, Schokolade vor sich gehen zu lassen, wenn man schnell ein Kräftigungsmittel gebraucht.

Bei der Ausnützung der Kost spielen zum Teil wegen des Geschmacks, zum Teil wegen des Reizes auf die Verdauungsdrüsen, die Reiz- und Genußmittel eine große Rolle. Von diesen sind die alkoholischen Getränke ganz besonders zu beachten, weil der Alkohol als N-freier Bestandteil den N-haltigen Anteil der Gesamternährung relativ herabdrückt (Rubner [78]) und unzureichend macht, und weil er infolge der Nebenwirkungen auf das Nervensystem den bereits erreichten ökonomischen Vorteil der Übung und die bessere Koordination der Bewegungen wieder aufhebt (Zuntz, l. c. und Durig [79]). In der Stoffwechselbilanz darf der Alkohol aber nicht übersehen werden, weil er tatsächlich seinem Wärmewert entsprechend isodynam für andere C-haltige Stoffe eintreten kann, und zwar ist nach Atwater und Benedict 1 g Alkohol isodynam 1,73 Kohlehydrate und 0,78 Fett; die Verbrennungswärme des Alkohols ist pro 1 g 7,07 Roh- und 6,9 Reinkalorien, so daß 98 Proz. des Materials und 98 Proz. der Energie vom Körper umgesetzt werden.

In der heißen Jahreszeit und in den heißen Klimaten beeinflußt er Herz und Haut in ungünstigster Weise, so daß er bei dem Betriebe von Körperübungen zu Höchstleistungen ganz vermieden werden sollte (Hueppe [80]). Auch Tabak beeinflußt das Herz sehr ungünstig und schädigt die körperlichen Leistungen. Wer Exzesse im Tabakgenusse begeht, sollte seine Abstinenz von Alkohol nicht gar zu sehr loben.

Zum Löschen des Durstes empfehlen sich deshalb, wenn ein Reiz nötig ist, theinhaltige Mittel (Kaffee, Tee) mehr; wenn die Nieren ganz normal arbeiten, gelegentlich auch Fleischbrühe oder Fleischextrakt. Wenn es nur auf eine Erfrischung und Zufuhr von Feuchtigkeit ankommt, rate ich zu Fruchtsäften, wie denn überhaupt dem Obst in der Sportdiät und im Training eine größere Rolle zugewiesen werden sollte. Auch Milch ist vorzüglich, nur wird sie von vielen unter diesen Umständen nicht gut vertragen.

Die Gemüse, Obst und Milch sind auch aus dem Grunde nützlich, weil sie wenig Kochsalz haben, also im Körper kein Wasser anziehen bzw. kein

Wasser als Getränk erfordern, um das überschüssige Chlor zu entfernen. Im Training arbeiten sie also im gewollten Sinne und helfen gegen das Trinken ankämpfen. Wenn die Rohobstler unter den Vegetarianern so besonderen Wert darauf legen, daß in diesen Vegetabilien die „Nährsalze" natürlich und unverändert seien und deshalb ohne weiteres zur Assimilation gelangen, so ist das nicht richtig, weil die meisten Menschen auch diese Nahrungsmittel gekocht genießen und diese aber wie die roh genossenen bei der Ernährung zunächst im Magen dissimiliert und erst im Dünndarm von neuem in Synthesen assimiliert werden. Viel wichtiger ist, daß diese Substanzen keinen Kochsalzreiz auslösen. Diese sportliche Erhebung steht in erfreulicher Übereinstimmung mit den neuesten Forschungen von Strauß und Widal über die Bedeutung kochsalzarmer Nahrung bei der Bekämpfung von Nierenkrankheiten. Im Sport müssen eben die Nieren geschont werden, um die ihnen zugeteilte große Arbeit glatt leisten zu können. Da die Pflanzen gekocht zu reizlos sind, wegen ihres Kaligehaltes eine Zufuhr von Natron erfordern, muß die Gefahr, die in der Zuführung des Reizes durch Kochsalz liegt, durch eine andere schmackhafte Zubereitung beseitigt werden. Das geschieht aber sehr vorteilhaft durch Beigaben vom Fleisch als Genußmittel.

Rein vegetarisch lebende Völker sind stets auf Salz sehr gierig und die selbst wenig Kochsalz genießenden Malaien meinen, daß selbst Reis, in dem das Verhältnis von Kali zu Natron sehr günstig ist, ohne Salz nur als sehr mäßiger Genuß zu werten sei. Fleischessende Völker dagegen können ganz ohne Salzzusatz auskommen, wie dies bei den Gauchos und in Sibirien wiederholt festgestellt wurde. Das natürliche Fleischwasser enthält Kochsalz in einer für den tierischen Organismus sehr günstigen geringen, aber ausreichenden Menge, und die fleischessenden Naturvölker schätzen gerade das Blut. Auch die Fleischfresser unter den Tieren meiden Salz, während die Pflanzenfresser Salzlecken gierig aufnehmen. Bei dem entbluteten Fleisch, wie es der Kulturmensch genießt, muß deshalb eine vernünftige, möglichst kochsalzarme Zubereitung erfolgen.

Nach einem von Liebig aufgestellten Gesetze nehmen die Pflanzen die Salze nur in bestimmten Verhältnissen auf und verweigern einfach die Mehraufnahme nur eines im Übermaß zugefügten Salzes. Der Mensch muß aber in einer gekünstelten Ernährung auch solche überschüssige Salzmengen aufnehmen, aber er entledigt sich derselben auch vollständig, da sie für sein Gewebe überflüssig und nicht assimilationsfähig sind, wenn er gesund ist und über normale Nieren verfügt. Bei den hohen Anforderungen, die das Training an die Nieren stellt, muß deshalb eine möglichst kochsalzarme Nahrung gefordert werden, um die den Trainingszwecken abträgliche stärkere Wasserzufuhr zur Salzausspülung zu vermeiden. Eine ausgezeichnete Korrektur liegt gerade im Genuß von Obst, und Rubner nennt Gemüse und Obst eine „Rückversicherung gegen die Fehler einer allzu einseitigen Wahl der Nahrungsmittel".

Das beste durstlöschende Mittel ist nach dem Vorbilde der Japaner bei forcierten Körperübungen überschlagenes und selbst warmes Wasser, von dem man eben nur so viel nimmt, wie man wirklich braucht. Kaltes Wasser, welches nur schluckweise genommen werden sollte, so daß es im Munde vorgewärmt wird und dadurch auch die ausgetrocknete Mundschleimhaut erfrischt, ist zum Durstlöschen nur ohne Nachteil, wenn man unmittel-

bar darauf wieder weiter übt oder geht. Bei der Gewöhnung an das Durstgefühl, welches mit sehr wenig Flüssigkeit, oft mit bloßem wiederholten Ausspülen des Mundes bekämpft werden kann, ist die volle Befriedigung des Gewebsdurstes besser auf den Abend und nach Beendigung der Übungen zu verlegen.

Der Betrieb aller Körperübungen hat sofortige und dauernde Wirkungen zur Folge, deren Nichtbeachtung unter Umständen zu schweren Gesundheitsschädigungen führen kann. Alle Übungen, die an der Luft vorgenommen werden, erhitzen den Körper, verursachen mehr oder weniger starke Schweißbildung und ermüden ihn. Nach eingetretener Ruhe kann ein langsames Abklingen dieser Erscheinungen zur Norm zu allgemeiner oder teilweiser Ab- und Verkühlung oder zur Erkältung führen, die als Krankheitsreiz wirken kann.

In der Regel geht der persönliche Wunsch dahin, derartigen Gefahren der Überhitzung durch eine schnelle Abkühlung zur Norm zuvorzukommen und gleichzeitig damit eine Erfrischung und Beseitigung der Ermüdung zu erzielen. Auf jeden Fall kann man die Ursache der Erkältungskrankheiten beim Sport fast immer in der vorausgegangenen Überwärmung und besonders in der Schweißbildung erkennen.

Tatsächlich kann das langsame Abkühlen bei durch Schweiß nassen und anliegenden Kleidern oder bei Zugluft zu lokalen Abkühlungen der Haut, besonders an Hals und Füßen, führen, die reflektorisch Erkältungskrankheiten [81], Schnupfen, Katarrhe, Rheumatismus, aber auch Lungenentzündungen, auslösen. Tierversuche, wie sie unter anderem von Kißkalt [82] und in meinem Laboratorium von E. Fischl gemacht wurden, stehen vollständig im Einklange mit der Erfahrung in unseren Gebirgsländern, wonach im Frühjahre, besonders zur Zeit der Schneeschmelze, auch die kräftigsten Sennen und Bauern als Folge der starken Abkühlung, besonders der Füße, nach schweren Überhitzungen in größerer Zahl Lungenentzündungen bekommen.

Der Schweiß bewirkt wohl die intensivste und schnellste Entwärmung, aber wegen der hohen Leitungsfähigkeit des Wassers auch die für Entstehen von lokalen Abkühlungen ungünstigste. Mit Beseitigung des Schweißes ist in der Regel schon den schwersten Folgen der Überhitzung vorgebeugt. Ist eine Wasch- oder Duschgelegenheit vorhanden, so ist die beste Form, den Schweiß mit lauwarmem Wasser zu entfernen, dann eine kurze kalte Waschung oder Dusche folgen zu lassen und dann nach Abtrocknen, Frottieren oder Massieren trockene Wäsche anzulegen. Die zu lange Anwendung von kaltem Wasser, zu der das angenehme Gefühl zu leicht verleitet, führt dagegen häufig zu Muskelrheumatismus und zu den Frühjahrs- und Herbstkatarrhen, die früher beim Sport unvermeidlich schienen.

Nach starken körperlichen Anstrengungen ist ein warmes Bad mit folgender Massage auch ein ideales schnelles Mittel gegen Ermüdung.

Handelt es sich nach Körperübungen um einfache Ermüdungserscheinungen, ohne daß eine besondere Entfernung von Schweiß mit in Betracht kommt, und ist genügend Zeit vorhanden, so wird selbstverständlich ein kurzer Schlaf zur Beseitigung der Ermüdung mindestens ebenso wirksam sein.

In bezug auf die Entwärmungsvorgänge, d. h. praktisch auf die Funktion der Haut, läßt der Betrieb der Körperübungen Dauerwirkungen er-

kennen. Diese sprechen sich darin aus, daß der durch die Übungen muskelstärkere, aber fettärmere Körper auch lufthart, d. h. eben abgehärtet wird, indem die Haut weniger schwitzt und auf den Wechsel von Kälte und Wärme schneller reagiert.

Wieweit dies geht, hängt aber zum Teil davon ab, daß diese natürliche Anpassung der Haut an die Luft durch die Kleidung verhindert, ja selbst unmöglich gemacht wird. Die Kleidung hat aber auch noch andere wichtige Bedeutung, insofern sie die Haut als Atmungs- und Sekretionsorgan trifft. Die Hautatmung ist wieder stark von ihrer Reinlichkeit abhängig, die ihrerseits wieder durch die Kleidung stark beeinflußt wird. Die Reinlichkeit der Haut aber ist von größter Bedeutung, weil von ihr auch die Übertragung von Parasiten und Infektionsstoffen abhängig werden kann.

Reinlichkeit und Verschmutzung der Haut dürfen aber nicht nach einem Schema beurteilt werden und wir haben damit zu rechnen, daß der städtischen Bevölkerung, besonders in den Arbeiterklassen, die frische Luft zur Abhärtung fehlt und deshalb die Abhärtung auch auf andere Weise angestrebt werden muß.

Zum Verständnisse der Beziehungen der Haut zur Kleidung muß gefordert werden, daß die Kleidung beim Betriebe von Körperübungen die Hauttätigkeit nicht hemmt.

Die Haut steht mit den Nieren und Lungen in einem vikariierenden Verhältnisse derart, daß für die Ausscheidung einzelner Produkte des Stoffwechsels eine gesteigerte Tätigkeit der Haut für eine herabgesetzte der Nieren oder Lungen eintreten kann und umgekehrt. Relativ wenig kommt dies in bezug auf den eigentlichen Gaswechsel in Betracht, der sich in der Aufnahme von Sauerstoff und der Abgabe von Kohlensäure äußert.

Um so mehr ist dies aber der Wasserabgabe gegenüber der Fall. Da die Ausatmungsluft mit Wasser gesättigt ist, ist diese Ausgabe der Lunge für die Entwärmung des Körpers verhältnismäßig klein und gleichbleibend. Sie schwankt in 24 Stunden bei dem erwachsenen Manne etwa zwischen 330—600 g Wasser oder 192—350 Kalorien, während die Wasserabgabe der Haut bei demselben von 600—2500 g, entsprechend 350—1455 Kalorien, schwankt. Dies wird dadurch erreicht, daß die unmerkbare Wasserabgabe durch die Haut (Perspiratio insensibilis) durch die sichtbare Abgabe der Schweißbildung (Perspiratio sensibilis) verstärkt wird, die unter dem regulierenden Einflusse des Nervensystems steht, so daß also die Haut mit dem Körper durch das Blutgefäßsystem und das Nervensystem in Beziehung tritt.

Die bei Körperübungen eintretende Erwärmung des Körperinnern, besonders der Muskeln, über die Normaltemperatur des ruhenden Körpers erleichtert die Umsetzungen in ihnen, so daß man nach einigen Minuten Übung besser arbeitet als zu Anfang. Das von der Haut direkt verdampfende oder verdunstende Wasser, welches pro 1 g 0,582 Kalorien bindet, wirkt dadurch auch wie das Kühlwasser bei der Maschine, so daß das Schwitzen der Überhitzung des Körpers entgegenarbeitet.

Der Schweiß, das alkalische Sekret der Schweißdrüsen, welches durch Vermischung mit dem saueren Sekret der Talgdrüsen sauere Reaktion annimmt, enthält pro 1 Liter 0,25—0,5 g Stickstoff und etwa 0,1 Proz. Harnstoff gegenüber ca. 2,8 Proz. des Urins, so daß eine starke Schweißsekretion auch als Ersatz für beschränkte Urinsekretion eintreten kann. Wichtig ist auch, daß im Schweiße nicht unbeträchtliche Mengen von Kochsalz den

Körper verlassen können, wodurch eine Beeinträchtigung der Magensaftsekretion und Herabsetzung der Verdauungstätigkeit eintreten kann, besonders wenn im Hochsommer oder in den Tropen durch Nichtgewöhnung an das Durstgefühl und durch übermäßiges Trinken der Magensaft noch obendrein stark verdünnt wird [83].

Die Schwitzfähigkeit des Körpers muß erhalten bleiben, weil man sie vielleicht als letztes Schutzmittel in Anspruch nehmen muß. Ein zu starkes Schwitzen muß jedoch durch Gewöhnung der Haut bekämpft werden, weil die Entwärmung dadurch zu stark auf die ungünstigere Seite der Leitung und Verdunstung der Wärme gelenkt und die Beziehung der Haut zu Lunge und Nieren zu stark verschoben wird.

Durch das Schutzbedürfnis gegenüber der Kälte sind wir genötigt, in der kälteren Jahreszeit Kleidung zu tragen, und die Sitte hat dazu geführt, dies auch in der wärmeren Jahreszeit in immer mehr steigendem Maße zu tun, wodurch die Haut der Möglichkeit beraubt wird, auf die äußeren Reize genügend schnell und stark zu reagieren. Der bekleidete Körper verhält sich bei 15^0 wie der unbekleidete erst bei 32^0. Die Bekleidung wirkt also den Verlusten durch Strahlung und Leitung gegenüber so, daß unsere Kleider für uns frieren. Ein vollständig angekleideter Mensch verliert durch Kleidung nur $^1/_3$ der Wärme, welche er in nacktem Zustande bei derselben niedrigen Außentemperatur abgeben würde. Die Kleidung ist demnach ein Wärmesparmittel, aber auch ein Regulationsmittel.

Die Kleidung kann uns gelegentlich mit einer besonderen Erkältungsgefahr bedrohen. Beim Schwitzen kann ein Teil des Wassers abtropfen, ein anderer Teil wird von den Kleidern aufgesaugt, und auch dieses Wasser muß verdampft werden. Nach einem starken Marsche können die Kleider infolge des Schwitzens bis zu 500 g und weit darüber hinaus Wasser aufnehmen, welches zum großen Teil erst während der nachfolgenden Ruhe am Körper verdampft werden muß, wenn Abwaschen des Schweißes und Wäschewechsel unmöglich sind. Ein Teil dieses Wassers wird von der Oberfläche aus von der Luft je nach dem Grade ihres Sättigungsdefizits aufgenommen. Die meiste Wärme zum Verdunsten dieses Wassers muß aber der Körper liefern. 500 g Wasser erfordern zum Verdunsten 291 Kalorien. Nach einem Versuche von mir produzierte, auf 70 kg berechnet, ein kräftiger ruhender Mensch in 24 Stunden 1610 Kalorien, von denen 1500 als Wärme auftraten; das entspricht pro 1 Stunde erst 63 Kalorien, so daß zum Verdunsten des Wassers der Kleidung, selbst wenn sie sich über Stunden hinzieht, dem Körper selbst die erforderliche Wärme entzogen werden muß, was sich in allgemeinem Kältegefühl, Frösteln und direkter Abkühlung unter die Norm ausspricht, aber auch zur Erkältung führen kann.

Wir machen uns durch die Kleidung bis zu einem gewissen Grade von der Nahrungsaufnahme unabhängig und ermöglichen die Regulierung und das Gleichbleiben der Wärme nicht durch Steigerung oder Herabsetzung der Nahrung, sondern durch ein Mehr oder Weniger an Kleidung. Entwöhnen wir uns aber durch die Kleidung ganz von der unmittelbaren Wechselwirkung zwischen Haut und Atmosphäre, so verlernt die Haut das praktische, prompte Arbeiten und wird verweichlicht. Die Wärmeregulierung durch Kleidung bedarf deshalb unbedingt einer Einschränkung, die nur dadurch zu erreichen ist, daß man sich bei relativ leichter Kleidung stärker bewegt.

Die unmittelbarste Beziehung gewinnt die Unterkleidung. Unsere Unterkleidung ist erst ein Ergebnis der jüngeren Zeit. Eine eigentliche und speziell angefertigte Unterkleidung, Unterjacke, Unterhose, Nachthemd kannte man früher nicht, und sie wurde weniger gegen die Kälte, denn als Schutz gegen zunehmende Verschmutzung eingeführt. Glattgewebte Stoffe nehmen Wasser und Schweiß und die im Wasser gelösten Bestandteile wie Chlor leichter auf, während die gelockerten Stoffe mehr geeignet sind, den staubförmigen Schmutz der Hautschüppchen aufzunehmen und nach außen zu befördern, so daß sie selbst schmutziger werden, während die Haut reiner bleibt.

Wolle hat den großen Vorzug, die Elastizität auch im feuchten Zustande zu behalten, aber sie ist schwer richtig zu behandeln und leistet im verfilzten Zustande nicht mehr dieselben Dienste. Immerhin wird man auch unter sportlichen Verhältnissen, besonders in feuchtkalten Klimaten und in den Übergangsjahreszeiten wollene Unterkleidung oft nicht entbehren können. Leinwand hat den großen Vorzug der Festigkeit, der geringen Abnutzung und der Glätte, welche besonders in Betracht kommt, wo Staub oder Schmutz sich an der Kleidung ansetzen kann. In Form der groben weitmaschigen früheren Leinenhemden ist ihre Wiedereinführung aber jetzt kaum noch allgemein durchführbar. Baumwolle steht in der Mitte zwischen beiden und man kann Leinen und Baumwolle durch trikotartige Behandlung eine so hohe Elastizität verleihen, daß sie der Wolle nur noch wenig nachstehen, vor der sie den Vorzug haben, daß sie in der Wäsche nicht schlechter werden. Bei empfindlicher Haut und hoher Außentemperatur wird deshalb Leinen und Baumwolle, gesondert oder gemischt, als Trikotgewebe die beste sportliche Unterkleidung sein. Als Fußbekleidung kommt beim Sport nur Wolle in Betracht, weil hier die Elastizität des Gewebes und das glatte faltenlose Anliegen entscheidend sind.

Die Art der Kleidung kann uns gleichgültig sein, wenn sie nur zweckmäßig ist, und hier hat die geschichtliche Entwicklung, Mode und jeweiliges Arbeitsbedürfnis entschieden. Für die Kleidung des Mannes hat sich die nordische Bekleidung, welche die Mittelmeerländer durch die Germanen kennen lernten, durchgesetzt, während in der Frauenkleidung die tropische Bekleidungsform herrschend blieb, bis sie erst in unseren Zeiten aus praktischen Gründen von der Männerkleidung einiges annahm.

Wo man Körperübungen in ganz bekleidetem Zustande auszuführen hat, haben sich für den Oberkörper ein jackett- oder joppenartiges Gewand, für den Unterkörper Kniehose und lange Strümpfe bewährt. Diese Erfahrung der Touristik und des Alpinismus haben auch bereits bei der Militärbekleidung reformierend gewirkt.

Für Marschieren ist nur der Schnürschuh zu empfehlen, und als besonderer Schutz der Unterschenkel die Wickel- oder Ledergamasche. Bei der Form der Sohle ist darauf zu achten, daß die richtige gerade Abwicklung der großen Zehe gesichert wird, Fig. 115. Bei Marschieren und Laufen auf unebenem Terrain, beim Springen auf hartem Boden besteht sonst die Gefahr, daß der nicht richtig gerade, sondern in zu starkem Winkel nach außen abgewickelte Fuß verstaucht wird und Sehnenzerrungen erleidet. Beim nackten Fuß sieht eine nach außen abgelenkte große Zehe mit Subluxation und mehr oder weniger stark entwickeltem Ballen auch sehr häßlich aus und entstellt das wundervolle mechanische Gebilde des menschlichen Fußes.

Bei der Frauenkleidung ist zum Betrieb der Körperübungen eine stärkere Entlastung nötig. Dies ist, soweit der Oberrock als Forderung der Mode beibehalten werden muß — nur im Alpinismus, besonders beim Klettern im Fels, und beim Skilaufen müssen die Frauen in den Bergen Männerkleidung tragen —, nur dadurch zu erreichen, daß die Frauen geschlossene Beinkleider tragen, wie dies übrigens beim Turnen schon vielfach der Fall ist. Das sogenannte Reformkostüm, der Reformsack, war künstlerisch gewiß gut gemeint, aber hygienisch eine Verirrung, weil er Schultern und Brust viel zu stark belastet und einengt, das starke Kreuz zum Aufhängen und Tragen der Kleider aber nicht berücksichtigt. Ich habe einmal darauf

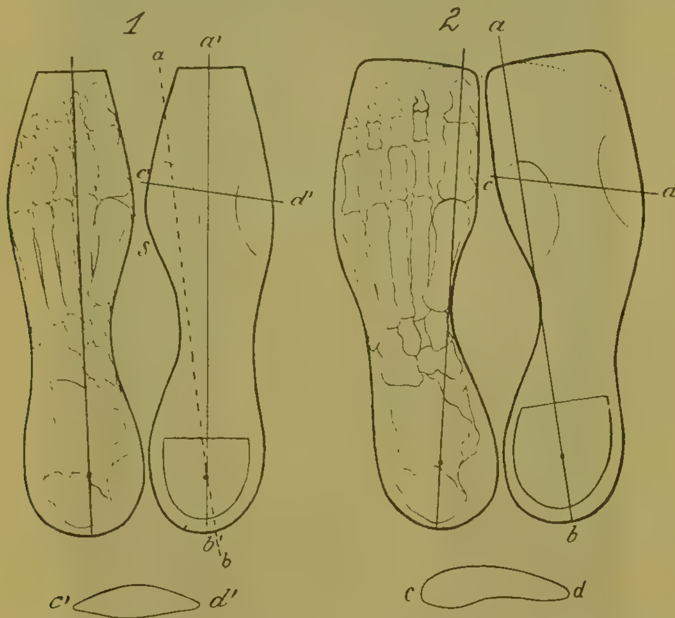


Fig. 115. Einfluß des schlecht gebauten, 1, und eines richtigen, 2, Schuhwerkes auf die Lage der Zehen. Bei 1 werden große und kleine Zehen nach innen abgedrängt, so daß sich die große Zehe nicht in der normalen Linie a—b abwickeln kann und sich eine Subluxation der großen Zehe, bei s, als Ballen ausbildet. Die zweite Zehe ist nach Rassen und Individuen länger, gleich oder kleiner als die große Zehe. Die griechischen Künstler haben, um eine schöne Rundung zu erzielen, stets die zweite Zehe länger abgebildet, und die fünfte Zehe meist verkrüppelt und etwas nach innen abgedrängt dargestellt, mehr als es dem Druck der Sandalen entspricht und vielmehr als es bei unbekleidetem Fuße der Fall ist. Der stets unbekleidet gewesene Fuß von Naturvölkern weicht manchmal stark von dem Idealfuß der klassischen Statuen ab.

aufmerksam gemacht, daß es den Bearbeitern dieser Frage ganz entgangen ist, daß die klassischen Griechen es ausgezeichnet verstanden, selbst bei ihrer leichten Frauenkleidung das Kreuz zum Tragen der Kleider mit zu verwenden und kein geringerer als Phidias hat in seiner berühmten Athena-Statue, deren Kopie in Pergamon auf uns gekommen ist, diese Gürtung gezeigt. Man wird deshalb zum Tragen der Unterkleidung, wenn sie bei Mädchen für Turnen und Sport in geschlossenen Hosen besteht, geradeso wie bei der Kniehose des Mannes mit einer elastischen Spange im Kreuz sein vollständiges Auskommen finden. Auch der Mann muß, wenn er seine Hosen ohne Belastung der Schultern und Brust tragen will, keinen Bauch, sondern ein Muskelkorsett haben, und diese Kraft der Hüften muß gerade bei den Mädchen durch Körperübungen richtig entwickelt, aber nicht

durch ein Korsett verhindert werden. Fig. 116, 117, 118. Wo die Frauen schwere Kleidung tragen, ist ein kurzes miederartiges, die Eingeweide nicht drückendes und einschnürendes, mehr gurtartiges Gebilde zu verwenden, welches seinen Hauptstützpunkt im Kreuze findet und an welches die Unterkleidung angeknüpft wird, während die Oberkleidung, beim Sport Bluse oder Jacke, durch ihre Form den natürlichen Anschluß daran erreicht. Auf diese Weise haben die Schultern fast nichts zu tragen und die Brust bleibt vollständig für die Atmung frei.



Fig. 117. Venus von Medici, Uffizi-Galerie in Florenz; reine edle Linien im Gegensatze zu den entstellten Korsett-Figuren.

Es ist auffallend, daß selbst manche Ärzte das nicht begreifen wollen, denen es nicht unbekannt sein kann, daß bei kräftigen Männern mit den stärksten Schultern im Gebirge der Rucksack fast überall die anderen Tragformen verdrängt hat, weil er eben vom Kreuz getragen wird, die Schultern nur mäßig in Anspruch nimmt und die Brust ganz frei läßt, und daß beim Militär jedes Kilo, welches so getragen werden kann, daß es die Brust frei macht und die Schultern weniger belastet, als ein positiver Gewinn für die Marschfähigkeit sich ergibt.

Körperübungen sollten Gymnastik ($\gamma\upsilon\mu\nu o\varsigma$ = nackt) sein. Der Sport hat in der Überwindung der Prüderie eine Kulturaufgabe zu erfüllen, damit wir wieder lernen, die Körperschönheit bei der Körperarbeit richtig zu beurteilen. In den athletischen Sports ist jetzt die Bekleidung gegeben dadurch, daß zu dem ärmellosen Leibchen, welches den Oberkörper bedeckt, eine weite, das Knie freilassende Hose kommt und der Fuß gar nicht oder nur mit ganz kurzen Strümpfen bekleidet wird. Das ist schon ein Übergang zur wirklichen Gymnastik, zum Nackt-Turnen. Es ist unverkennbar, daß die sportliche Kleidung gegenüber den früheren Zuständen einen großen Fortschritt darstellt und daß sie das Prinzip zur

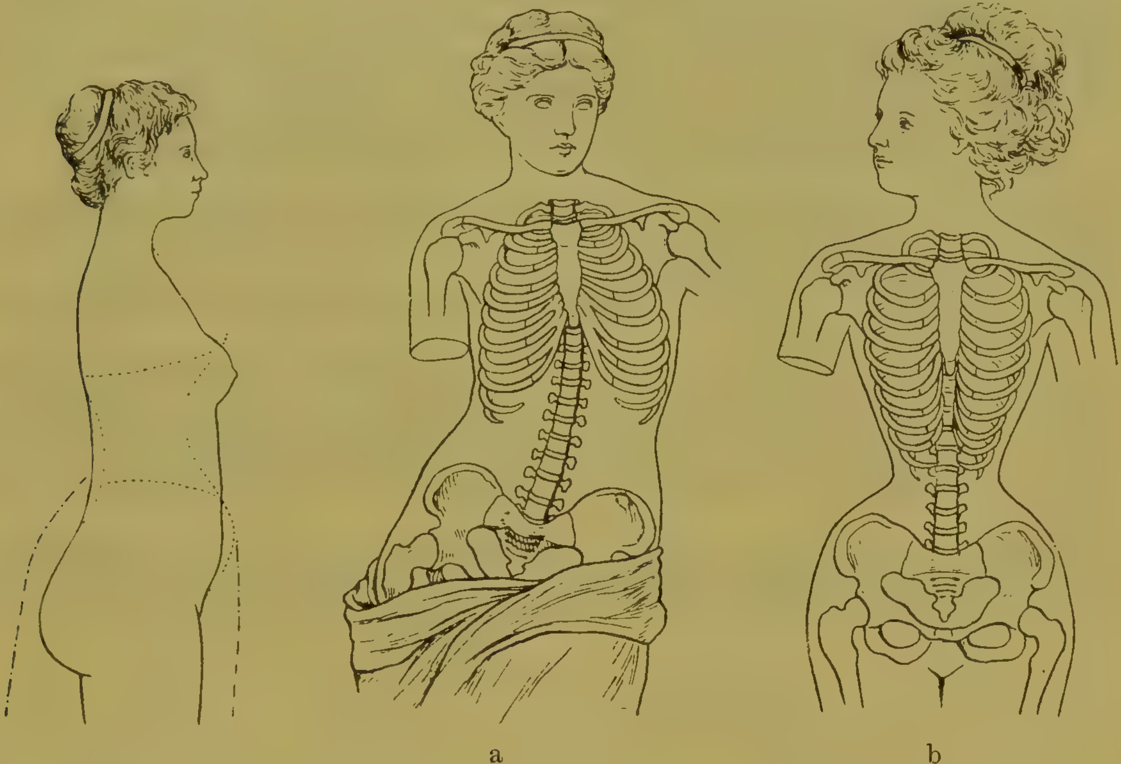


Fig. 116. Entstellung der äußeren Figur durch das Korsett, um die sekundären Geschlechtsmerkmale auffallend in die Erscheinung zu setzen.

Fig. 118. a) Rumpf der Venus von Milo mit normalem Brustkorb, der Spitzen-, Flanken- und Zwerchfellatmung ausgiebig gestattet.
b) Veränderung des Brustkorbes durch das Korsett. Die Lungen sind nach unten in die Länge gezogen, Flanken- und Zwerchfellatmung sind ganz aufgehoben; Leber zeigt Schnürfurche, Magen ist sanduhrförmig aufgerichtet, der Darm ist nach unten gedrängt.

Geltung gebracht hat, mit der möglichst leichtesten Kleidung zu arbeiten, wodurch auch die Anpassung der Haut an die Luft ganz wesentlich erleichtert wird.

Das Wasser dient dazu, die Haut zu reinigen, um sie als Atmungs- und Sekretionsorgan in Ordnung zu halten, es dient als Abhärtungsmittel, weiter als Kräftigungsmittel der Muskulatur, dann aber ermöglicht es als ein dem Menschen ursprünglich fremdes Mittel den Betrieb von eigenartigen Körperübungen, Tauchen, Wasserspringen, Schwimmen. Wir sehen, daß überall, wo das Wasser in diesem Sinne gebraucht wird oder eingeführt wurde, ein günstiger hygienischer Einfluß für den einzelnen und für die Gesamtheit sich ergab. Je mehr durch die besondere Sozialentwicklung die

Benützung der frischen Luft als Gesundheitsfaktor beschränkt wurde, um so wichtiger wurde das Wasser als Erfrischungs- und Abhärtungsmittel. Es läßt sich sogar nicht verkennen, daß die Arbeiterschutzgesetzgebung sehr vorteilhaft einen Teil ihrer Mittel dazu verwenden würde, um

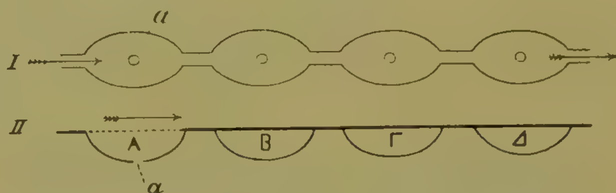


Fig. 119. Waschbecken in der Palästra zu Eretria. Es besteht aus vier aufeinander folgenden, mit laufenden Buchstaben gezeichneten Steintrögen, in deren ersten das Wasser unmittelbar aus einer Quelle eintritt, und dann, nach Füllen des ersten, in den zweiten, dann in den dritten, dann in den vierten überläuft; das schmutzige Wasser konnte durch Öffnungen, a, abgelassen werden. Vom vierten Trog floß das Wasser in kleine flache viereckige Wannen über, die zum Waschen der Füße dienten.

durch Förderung des Bäderwesens eine segensreiche vorbeugende Tätigkeit gegen Erkrankungen auszuüben.

Die Formen, in denen das Wasser beim Betrieb von Körperübungen in Betracht kommt, sind:

1. Das Waschen: Ich [84] habe in der Palästra zu Eretria die älteste sportliche Wascheinrichtung, Fig. 119, gesehen, die in vier Waschbecken bestand, in die das Wasser direkt aus einer Quelle geleitet wurde und von denen das Wasser in kleine Wannen überfloß, die zum Waschen der Füße dienten.

2. Das Wannenbad: Dieses wird bereits von Homer geschildert und bestand damals aus einer mit Wellen- und Fischornamenten verzierten Bade-

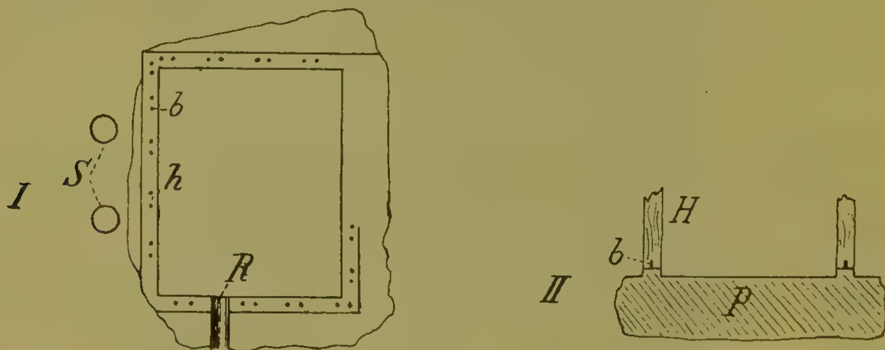


Fig. 120. Badezimmer in Tiryns. I. Grundriß, II. Aufriß. Der Boden des Badezimmers bestand aus einer einzigen bis 4 m langen, 3 bist fast 4 m breiten und 0,75 cm dicken Kalkplatte (P) im Gewichte von ca. 20000 kg. In dieser Platte ist ein Viereck von 3,4 m Länge und 2,9 m Breite sorgfältig geglättet als eigentliches Badezimmer. Am Rande ist ein überragender Streifen (h) stehen geblieben, in dem Löcher (b) angebracht wurden zum Aufnehmen von Bronzebolzen, welche die zur Verkleidung der Zimmerwände dienenden Holzbretter (H) trugen. Der Abfluß des Wassers, durch eine bestimmte Neigung der Kalkplatte gesichert, erfolgte durch die Rinne (R).

wanne aus geglätteten Ton (ἀσάμινθος); und in Tiryns ist ein solches Badezimmer, Fig. 120, noch deutlich erhalten und rekonstruierbar.

Wo das Wasser von Quellen in Röhren zugeleitet wurde, ließ man es aus ehernen Tierköpfen in größere Becken fließen. Das älteste derartige

Männer- und davon getrennte Frauenbad ist in Oropus erhalten, und auf solche Einrichtungen beziehen sich wohl die Abbildungen, nach denen Frauen das Wasser auf sich herabrieseln lassen. Darin kann man wohl den Vorgänger

3. der Duschen oder Brausebäder sehen, die als „Doccia“ im elften Jahrhundert in Italien aufkamen und bei denen das Wasser aus größerer Höhe aus einer Brause auf den Badenden niederstürzte. Diese Dusche wurde später in Deutschland für die allgemeine Reinlichkeit von größter Bedeutung, indem der Oberstabsarzt Münnich 1878 bei dem Kaiser-Franz-Josef-Garde-Grenadierregiment in Berlin dadurch die erste und planmäßige Massenreinigung unter den besonders schwierigen militärischen Verhältnissen erreichte. 1882 hatte Ingenieur Grove auf der ersten Hygiene-Ausstellung in Berlin ein Duschebad mit geschlossenen Zellen für den Allgemeingebrauch aufgestellt. Bürgermeister Merkel führte 1883 in Göttingen das erste Schulbrausebad ein und 1886 hielt Lassar einen Vortrag, in dem er das Duschebad mit der Devise: „Jedem Deutschen wöchentlich ein Bad“ als Volksbad einführte.

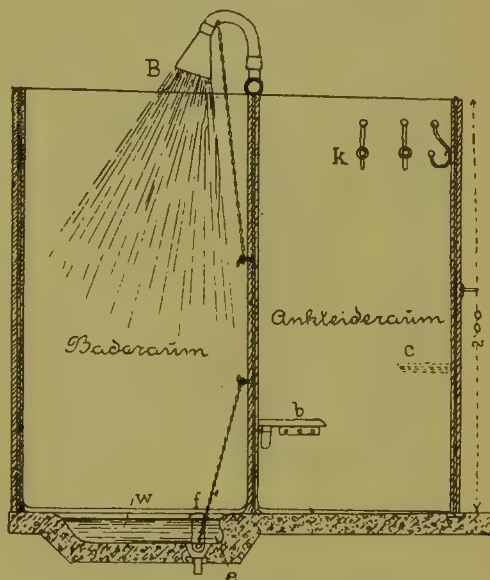


Fig. 121. Brausebad. k Kleiderhaken, c Tisch, b Stuhl, B Brause, w Vertiefung für die Füße, e Abflußventil mit Überlauf f.

Für das Schulbad dürfte sich das gemeinsame Bad, bei der Benutzung natürlich nach Geschlechtern getrennt, empfehlen, während man für das Arbeiterbad bei Erwachsenen der Einzelzelle den Vorzug geben muß, besonders da bei den öffentlichen Bädern ganz verschiedene Kategorien gleichzeitig baden, die sich voneinander nicht beobachtet wissen wollen. Die Einrichtung einer Zelle, Fig. 121, ist sehr einfach und hat nur in Tisch, Stuhl, Kleiderhaken zu bestehen, während unter der Dusche eine Vertiefung derart angebracht ist, daß das von der Dusche ablaufende Wasser gleichzeitig zum Fußbade dient. Die Dusche selbst muß temperierbar sein.

4. Die sogenannten römisch-irischen Bäder für heiße Luft, wie sie schon die Römer verwendeten, und später besonders von Irland aus sich verbreiteten, und die sogenannten russischen Dampfbäder, die in primitiver Form in Rußland und Skandinavien entstanden, sind in der neueren Zeit wieder in größerem Umfange ausgeführt worden und haben nicht nur für medizinische, sondern auch für allgemeine sportliche Zwecke eine große Bedeutung. Durch ein rechtzeitig angewendetes derartiges Bad kann man Erkältungen vorbeugen und besonders in der kalten Zeit, wo die Hauttätigkeit immer etwas herabgesetzt ist, auf die Hautfunktion kräftig anregend wirken. Eine ausgezeichnete Form des Dampfschwitzbades ist das Glühlichtbad, welches zudem den Vorteil hat, keinen so großen Raum in Anspruch zu nehmen.

5. Das Schwimmbad ist als freies Bad in Fluß, See und Meer das älteste. Aber die zunehmende Verschmutzung der Flüsse hat vielfach diese Bäder so unangenehm gestaltet, daß man an einen künstlichen Ersatz schreiten

mußte; wurden doch von A. Pfuhl Typhusfälle, in Prag infektiöser Ikterus auf das Baden in solchem Flußwasser zurückgeführt! Auch die amtlichen Erklärungen vieler Flüsse als choleraverseucht haben ungünstig auf das Baden in Flüssen gewirkt. So haben Köln und Düsseldorf ihre Freibäder im Rhein aufgegeben, ohne daß irgendein Ersatz für die Tausende geschaffen wurde, die dort ihre einzige Erfrischung in der Sommerhitze fanden. In Werden a/Ruhr wurde das Freibad auf Betrieb der Firma Krupp kassiert und statt desselben eine geschlossene Badeanstalt mit 16 Ankleidezellen eröffnet bei einer Bevölkerung von ca. 12000 Seelen, an deren Körper man nicht weiter dachte. Dafür haben Berlin am Wannsee und Wien am Gänsehäufel wirkliche Volksbäder im großem Umfange geschaffen, bei denen Wasser- und Luft-Lichtbäder vereinigt sind. Am Rhein wurden aus schlecht angebrachter amtlicher Prüderie die früher offenen und leicht zugänglichen Schwimmbäder in geschlossene Anstalten verwandelt, in denen das Schwimmen aufhörte, ein Vergnügen zu sein.

Derartige Erfahrungen haben mehr und mehr dazu geführt, künstliche Schwimmbäder einzuführen. Baginsky wollte Fälle von putrider Infektion auf solche Bassinbäder zurückführen. Dies als vereinzeltes Vorkommnis zugegeben, kann man nach meinen Erfahrungen es als sicher hinstellen, daß die künstlichen Schwimmbäder mit Leichtigkeit in einem viel reineren Zustande zu erhalten sind, als die öffentlichen Flußläufe es derzeit tatsächlich sind, und zwar gilt das sowohl für die bakterielle Verschmutzung wie für die mechanische Reinheit. Nur in größeren Seen und im Meere kann man auf ähnliche Reinheit rechnen. Diesen gegenüber aber hat das künstliche Schwimmbad wieder den großen Vorzug, das ganze Jahr geöffnet zu sein und damit, vom Außenklima unabhängig, die Technik des Schwimmens ungestört bis zur Vollendung zu ermöglichen. Die Größe des Schwimmbassins, welches in einer Abteilung für Nichtschwimmer und für Freischwimmer gebaut zu werden pflegt, ist selbstverständlich abhängig von dem zur Verfügung stehenden Baugelände, sollte aber, wenn irgend möglich, so groß sein, daß auch technisch ein richtiges Schwimmen durchführbar ist.

Unbedingt erforderlich ist die Durchführung der Vorschrift, daß die Schwimmer sich vorher abduschen und, soweit sie stark verschmutzt sind, sich auch vorher abseifen, und daß leicht zugängliche Aborte und Pissoirs vorhanden sind, weil bekanntlich der Reiz des Wassers zum Urinieren und damit zu einer Verschmutzung des Wassers führen könnte. In Indien spielen in dieser Beziehung die Wassertanks bei den Hütten der Eingeborenen eine große Rolle bei der Ausbreitung der Cholera, weil die Indier aus denselben nicht nur ihr Trink- und Nutzwasser entnehmen, sondern auch darin baden und dasselbe durch ihre Sekrete in ein gutes Nährmaterial für Bakterien verwandeln. Im Badebassin müssen in geeigneter Weise auch Speibecken angebracht sein.

Die Kosten für diese Schwimmbäder werden überall vom Mittelstande aufgebracht, der dafür aber auch verlangen muß, daß sie auch nach Ausstattung seinen Bedürfnissen entsprechen. In größeren Städten wird man die Ausgestaltung in verschiedenen Stadtteilen verschieden gestalten können, einfacher und luxuriöser. Das gleichzeitige Vorhandensein von getrennten Frauen- und Männer-Schwimmbädern ist zu empfehlen, weil dann keine Erschwerung in der Benutzung eintritt.

6. Beim Betriebe von Körperübungen kann auch die lokale Anwendung

von Wasser in Betracht kommen, und zwar in Form von feuchten Umschlägen und Einwicklungen, von Fuß- und Halbbädern. In diese Gruppe der lokalen Einwirkung auf die Haut gehört auch die Anwendung von Heißluftapparaten zur Erzielung einer intensiven Erwärmung und des Schwitzens der Haut. Diese lokalen Anwendungen werden oft vorteilhaft mit Massage der leidenden Teile verbunden.

Bei der Anwendung des Wassers kommen zunächst mechanische Einflüsse in Betracht. Die der Körperoberfläche anhaftende Gas- und Fettschicht hält die Flüssigkeiten von der Haut ab, so daß eine mechanische Entfernung der Unreinlichkeiten der Haut zugleich die unmittelbare Berührung des Wassers mit der Haut erst herbeiführt. Schon das einfache Reiben mit der bloßen Hand, besonders wenn es mehr frottierend und massierend ausgeübt wird, dann das Bearbeiten der Haut mit groben Handschuhen und Bürsten, beim Schwimmen vielleicht die Bewegung schon allein reinigen die Haut von den anhaftenden Schmutzbestandteilen.

Von noch allgemeinerer Bedeutung sind die thermischen oder Wärmewirkungen des Wassers, die sich mit den kalorischen Wärmewirkungen des Wassers verbinden. Man nennt kalte Bäder solche unter 20°, kühle 20—28°, laue 28—35°, warme 35—40°, heiße 40—45° C.

Infolge des Reizes des kalten Wassers tritt sofort primär eine Kontraktion der kleinsten Blutgefäße der Haut ein, die Haut wird blaß und kühl; in den inneren Organen kommt es infolgedessen zu einer Blutüberfüllung (Hyperämie). Hierauf folgt reflektorisch durch eine Schutzreaktion gegenüber dieser primären Kältewirkung — welche, wenn sie sofort andauerte, allmählich eine Abkühlung in die Tiefe und schließlich Tod durch Erfrieren bewirken müßte — sekundär eine Durchblutung der Haut; die Hautgefäße erweitern sich wieder, die Haut rötet sich und wir empfinden ein Wärmegefühl. Gleichzeitig wird durch diese sekundäre Erweiterung der Hautgefäße und den Rückfluß des Blutes nach der Haut den Folgen der Blutüberfüllung der inneren Organe vorgebeugt. Diese Hyperämie steht nach Intensität und Dauer unter der Wirkung der vom Kältereize getroffenen Vasomotoren. Gerade schwache Reize, wie Luftzug, wenn sie länger anhalten und schon z. B. durch vorausgegangene Erhitzung erweiterte Hautgefäße treffen, reizen die Erweiterer stark. Als Folge treten an den Schleimhäuten wirkliche Entzündungserscheinungen in zunehmendem Grade auf, zuerst seröses Sekret (in der Nase), dann infolge der Tätigkeitssteigerung durch die Blutgefäße stärkere Schleimabsonderung, dann wirkliche Gefäßentzündung und Durchtritt von weißen Blut- resp. Eiterkörperchen und als Folge der stärkeren Erregung der Gefäßerweiterer Husten. Diese Prozesse der Überempfindlichkeit sind nicht Folge bakterieller Reize, sondern verlaufen ganz im Sinne der zellulären Anschauungen von Virchow als Exzesse normaler physiologischer Reize. Sekundär können sich in den abgestoßenen Epithelien, dem Schleim und Serum saprophytische Mundschleimbakterien vermehren. Nach Kißkalt kommt es aber bei der Hyperämie auch zu einer Verminderung der Blutalkaleszenz und der in aktiver Eiweißform vorhandenen Abwehrkräfte des Blutserums. Dadurch werden im Blute selbst und in den Geweben die Ernährungsbedingungen für Mikrobien verbessert. Wenn dann zufällig fakultativ parasitische Bakterien wie Pneumokokken oder Bacterium coli commune als „Wohnparasiten" (Hueppe) vorhanden sind, können diese sich nun vermehren und eine typische Lungenentzündung oder

schwere Darmentzündung (z. B. nach Hueppe Koli-Enteritis nach eiskaltem Bier bei überhitztem Körper) auslösen. Der Kältereiz kann demnach als direkter Krankheits- oder Entzündungsreiz wirken oder eine Disposition für eine Infektion schaffen.

Dauert der Kältereiz zu lange, so reicht das Anpassungsvermögen an die Wärmeentziehung nicht aus und selbst die gut durchblutete Haut kühlt sich mehr und mehr ab, ihre Empfindungsnerven werden gelähmt, die Gefäßwände erschlaffen und es kommt durch Abströmen des Blutes zu einer bläulichen Färbung der sichtbaren Schleimhäute. Diese Herabsetzung der Hautzirkulation wirkt dann weiter auf die Herabsetzung der Herztätigkeit, der Puls wird klein, es tritt Kältegefühl, Zittern, Mattigkeit, schließlich vollständige Abkühlung und bei stärkeren Graden und längerer Dauer Tod durch Erfrieren ein. Diese echte „Abkühlung" ist prinzipiell von der durch plötzliche Temperaturdifferenzen mit und ohne vorausgegangene Überhitzung eintretenden „Erkältung" auseinander zu halten. Abkühlung führt durchaus nicht immer zur Erkältung, sondern kann wieder vollständig ausgeglichen werden, wenn wieder Wärme zugeführt wird.

Der kürzere Kältereiz wirkt demgegenüber anregend und besonders tritt deutlich erkennbar als Wirkung dieser Hautreizung ein inspiratorischer Reflex ein, der sich nicht bloß in tiefen Einatmungen, sondern in Badeanstalten in Johlen und Schreien weithin bemerkbar macht, der aber auch bei der Wiederbelebung Ohnmächtiger durch Bespritzen mit kaltem Wasser praktische Verwendung finden kann.

Die Kältewirkung äußert sich darin, daß nach Lefèvre z. B. in einem Bad von 12° bei 4 Minuten Dauer der Körper bereits 100 Kalorien abgibt, d. h. soviel, wie an der Luft in ungefähr einer Stunde. Aber dieser Wärmeverlust wird nicht nur ausgeglichen, sondern überkompensiert durch die verstärkte Wärmebildung, die in Form vermehrter Kohlensäureproduktion direkt meßbar ist. Nach Versuchen von Ignatowski [85] werden sowohl bei kalten Bädern als Duschen die Wärmeverluste des menschlichen Körpers wohl gesteigert, aber auf Kosten einer Erhöhung der Wärmeproduktion ohne Schaden ermöglicht, wobei nach der unmittelbaren Wirkung noch eine deutliche Nachwirkung zu bemerken ist. Ebenso ermittelte Rubner, daß kurzdauernde kalte Bäder und Duschen das Atemvolumen sehr steigern und besonders die Kohlensäureausscheidung verstärken. Die Dusche wirkte dabei fast doppelt so stark wie ein Bad derselben Dauer und Temperatur.

Das kalte Bad wirkt also in dieser Beziehung gerade umgekehrt wie feuchte kalte Luft in geschlossenen Räumen, die eine Depression auf Atem- und Stoffwechselvorgänge ausübt. Der Einfluß auf den Stoffwechsel ist demnach ein sehr intensiver und nach Winternitz vermehrte sich die Anzahl der weißen Blutkörperchen um das Dreifache und die Zahl der roten Blutkörperchen stieg im Kubikmillimeter um 1 800 000; der Gehalt an Hämoglobin zeigte eine Zunahme bis 14 Prozent.

Bei zu starker Kälte oder zu langer Einwirkung kann aber die Wirkung zu intensiv werden und es tritt dann sogar Eiweißausscheidung im Urin ein, was bei Wasser über 20° nicht mehr der Fall ist. Auch eine Minderung der Zahl der roten Blutkörperchen und des Blutfarbstoffes kann eintreten und als weitere Folge Bleichsucht und Blutarmut. Dies ist besonders zu beachten, wenn es sich um die Anwendung von kaltem Wasser bei Kindern

und bleichsüchtigen Mädchen handelt, aber auch beim Sport, wenn das kalte Wasser zur Erfrischung zu lange einwirkt.

Bei dem kalten Seebad wirken Wellenschlag und Salzgehalt mechanisch und chemisch reizend der Kältewirkung etwas entgegen, so daß unter sonst gleichen Verhältnissen das Seebad mit niedrigerer Temperatur oder längerer Dauer genommen werden kann.

Aus dem Vorausgesagten ergibt sich, daß die Wärmeproduktion im kalten Bade bei richtiger Anwendung nicht herabgesetzt, sondern gesteigert, die Pulsfrequenz verlangsamt wird, die Atemgröße zunimmt. Das kurzdauernde kalte Bad wirkt demnach erfrischend.

Im warmen Bade steigt die Körpertemperatur wohl auch, aber auch die Pulsfrequenz ist gesteigert, ebenso die Atemfrequenz, aber ohne wesentliche Veränderungen der Art und Größe derselben. Die Empfindungsnerven der Haut werden wenig alteriert, dadurch wirkt der milde Reiz auf die Muskeln günstig und beseitigt das Ermüdungsgefühl. Die Erweichung der Haut zur Beförderung der Hautatmung und Beseitigung des Schmutzes ist größer als im kalten Bade. Die Beschleunigung des Blutkreislaufes der Haut im warmen Bade kann vielleicht die Aufsaugung krankhafter Stoffe erleichtern und dadurch bei Muskelrheumatismus günstig wirken.

Die heißen Bäder, wie sie in Japan [86] üblich sind, wirken außerordentlich energisch, rufen eine starke Betätigung von Herz- und Nierentätigkeit herbei und setzen deshalb ein intaktes Herz voraus; die Temperatur steigt ca. um 1°, der Puls auf 90—120 Schläge, die Atmung auf 20—30 in der Minute; ältere Leute können sie nur mit größter Vorsicht gebrauchen. Der Stoffwechsel ist bei ihnen stark erhöht, Urin und Schweißsekretion sind beträchtlich vermehrt, so daß dem Körper auf diesem Wege große Mengen von Wärme entzogen werden können, was besonders bei fettleibigen Leuten sehr wertvoll ist. Bei Blutarmut kann die anregende Wirkung heißer Bäder verwendet werden; rechtzeitig angewendet wirken sie vorbeugend gegen drohende Erkältungskrankheiten. In mäßiger Dauer ausgeübt, haben heiße Bäder besonders eine anregende Wirkung auf das Nervensystem und auf die Muskelkraft, so daß sie bei den Japanern in Form von heißen Vollbädern von über 37° bis von 40—45° und selbst bis 48° und einer Dauer von 10—30 Minuten, bei uns von Dampf- und Heißluftbädern als Kräftigungs- und Erfrischungsmittel nach schweren Körperübungen mit Recht beliebt sind. Uhlich [87] hat auch ergographisch nach kurzen heißen Bädern eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Muskulatur nachgewiesen.

In bezug auf die Anwendung von kaltem Wasser ist unbedingt die Regel festzuhalten, daß die Haut warm und reaktionsfähig ist. Folgt die Kälteprozedur auf eine vorausgegangene Anwendung von heißem Wasser, so liegt darin auch schon die Korrektur; sonst muß man den Körper vorher erst entsprechend erwärmen. Mit Rücksicht auf den Herzzustand darf eine Bewegung zu diesem Zwecke aber nicht sehr scharf sein, sonst könnte eventuell sogar der Tod eintreten, wie dies beim Baden wiederholt beobachtet wurde.

Beim Betriebe von Körperübungen, besonders in der kühlen Jahreszeit, ist das richtigste Verfahren, wenn in den Ankleideräumen temperierbare Duschen vorhanden sind, erst eine lauwarme Dusche zum Entfernen des Schweißes und dann zum Anregen der Hautnerven eine ganz kurze kühle Dusche zu nehmen. Eine längere Dusche mit langsamem Heruntergehen in der Temperatur ist zweckwidrig, weil sie wärmeentziehend wirkt.

Die beste Badezeit für kühle Bäder ist vor dem ersten Frühstück oder bei kühlerer Außentemperatur vor dem Mittagessen, auf jeden Fall nicht nach einer reichlichen Mahlzeit.

Die Todesfälle beim Baden werden zum Teil auf Erschwerung der Atembewegung zurückgeführt, weil starke Ausdehnung des tätigen Magens eine Raumbeengung in der Bauchhöhle herbeiführt, welche die Tätigkeit des Zwerchfelles erschwert. Da bei den plötzlichen Übergängen von warmem Wasser zu kaltem eine starke Pulsbeschleunigung bis über 100 Schläge eintreten kann, so können in anderen Fällen die Todesfälle vielleicht durch Herzschlag veranlaßt sein. Bei ungeübten Schwimmern könnte vielleicht noch eine weitere Möglichkeit in Betracht kommen, insofern dieselben kleine Mengen Wasser schlucken, die statt in die Speiseröhre in die Kehle gelangen und so einen Erstickungsanfall herbeiführen.

Bei der Anpassung der Haut an Kältereize ergibt sich, daß die Regulierung darin liegt, daß der Kältereiz die Hautgefäße und die Hautnerven trifft, welche reflektorisch die Regelung herbeiführen. In dieser Beziehung ist zu bemerken, daß Rosenthal [88] die Immunität gegen Erkältung durch kalte Bäder und Waschungen auf Übung der glatten Muskeln der Haut und ihrer Gefäße zurückführte; und E. du Bois-Reymond [89] kleidete dies in die Worte: „Kalte Waschungen und Bäder sind Turnen der glatten Hautmuskeln". Dieses „Turnen der Kapillaren" oder die „Gymnastik der Vasomotoren" wird uns noch besser verständlich, seitdem S. Mayer [90] die in Vergessenheit geratene Muskularisierung der kapillaren Blutgefäße von neuem entdeckt hat und Steinach und Kahn [91] eine echte Kontraktilität und motorische Innervation der Blutkapillaren einwandfrei nachgewiesen haben. Darauf beruht die Möglichkeit der Abhärtung durch das Wasser.

Brücke [92], Hueppe [93] und Hecker [94] haben sich gegen die schablonenmäßige Anwendung von kaltem Wasser bei Kindern in entschiedenster Weise ausgesprochen. Durch diese Abhärtungsmanie wird oft die Abhärtung für immer unmöglich gemacht. Für empfindliche, bleichsüchtige und blutarme Leute ist es oft viel rationeller, die eigentliche körperliche Reinigung am Abend im gewärmten Zimmer vorzunehmen und in der kalten Jahreszeit lieber morgens das Waschen ganz zu unterlassen.

Selbst unter militärischen Verhältnissen, in der Touristik, bei Expeditionen, bei denen ganz frühmorgens oft bei größter Kälte in eiskalten Räumen eine Reinigung des Körpers doch nicht zu erzielen ist, kann man durch Verlegung der eigentlichen Reinigung des Körpers auf den Abend vor dem Schlafengehen es durchführen, daß man auch unter den schwierigsten Verhältnissen seinen Körper rein hält. Aber wann man auch die Reinigung vornehmen möge, die Anwendung kalten Wassers setzt unter allen Umständen ein wirkliches Erfrischungsbedürfnis voraus und dieses Reaktionsbedürfnis der Haut erreicht man am sichersten durch ein vernünftiges zusammengesetztes System von einfachen Körperübungen, an die sich am Ende oder im Verlaufe das Bad oder die kalte Abwaschung anschließt.

Wo kalte Wasserprozeduren ohne dieses physiologische Bedürfnis vorgenommen werden, wie das oft ganz schematisch in Form eines morgendlichen kühlen Bades geschieht, schaden dieselben oft mehr als sie nützen.

Gegenüber der Erkältung ist besonders die Fußpflege beim Betriebe von Körperübungen von größter Wichtigkeit. Wer zu starker Schweißbildung neigt, muß durch Salizylstreupulver oder noch besser durch Vasenol

dagegen ankämpfen. Der eigentliche Schweißfuß bedarf ärztlicher Behandlung. Nach starker Durchnässung und Gefahr der Verkühlung empfehle ich unmittelbar vor dem Schlafengehen Wechselbäder; auf ein kurzes warmes Fußbad von 37—40° und einer Dauer von ca. 3—5 Minuten folgt ein kürzeres kaltes Bad von ca. 20° und einer Dauer von ca. 10—30 Sekunden und dies wird etwa dreimal hintereinander wiederholt. Statt dessen bewährt sich in anderen Fällen vorzüglich, wenn man einen dünnen Strumpf in kaltem Wasser naß macht, ausdrückt, feucht anzieht und darüber einen dicken Strumpf gibt und sich dann sofort zu Bett legt; man hat dann am nächsten Morgen den inzwischen trocken gewordenen Fuß nur massierend leicht mit einer Vaselin-Lanolinsalbe oder einer Wachspasta einzufetten. Welchen Gefahren der durchnäßte Fuß ausgesetzt ist, hat Pettenkofer [95] durch die Berechnung dargelegt, daß die Verdunstung von 3 Lot (50 g) durch näßter Wolle an den Füßen soviel der Haut zu entziehenden Wärme erfordert daß man damit ein halbes Pfund (250 g) Wasser von Null Grad bis zum Sieden erhitzen oder etwas mehr als ein halbes Pfund Eis schmelzen könne.

Zu den mechanischen und thermischen Wirkungen des Wassers kann noch eine chemische hinzukommen; diese geschieht weniger durch den Gebrauch von differenten Wässern, als durch die Anwendung von Seife. Die alten klassischen Völker haben bei ihrer geradezu idealen Hautpflege. sich mit der mechanischen und thermischen Wirkung des Wassers begnügt Wird Seife bei stärkerer Beschmutzung oder zarter Haut energisch angewendet, so werden nicht nur die abgestorbenen Epithelien und Schmutzstoffe entfernt, sondern obendrein Hautzellen abgetötet und es wird damit so viel von der schützenden Hautoberfläche entfernt, daß es dadurch dem Schmutze ermöglicht wird, erst recht in die Haut einzudringen.

Die Griechen fügten dem Bade stets ein Einsalben des Körpers hinzu. Die Massage nach der Übung zum Weichkneten der Muskeln wurde mit wenig Öl vorgenommen, welches dann wieder abgewischt wurde. Auch ein Einölen der trockenen Haut vor der Übung (ξηραλοιφεῖν), um die Haut geschmeidig zu machen und gegen Erkältung zu schützen, scheint mit Olivenöl stattgefunden zu haben. Die Ringer wurden sogar vor dem Kampfe stark mit Olivenöl eingerieben, dann aber mit Sand bestreut und wurden so und durch die Berührung mit dem Boden stark verschmutzt und mußten deshalb nach dem Kampfe eine sehr energische Entfernung dieser Schmutzteile sogar mit starken Striegeln vornehmen; darauf erhielten sie eine Abwaschung oder ein Bad und dann die abschließende Einsalbung, welche die durch die vorausgegangenen Manipulationen gereinigte Haut wieder mit einer Deckschicht versah. Ölung und Salbung waren verschiedenartige Prozeduren sowohl nach Zweck als Mitteln. Durch eine Mitteilung des Ägyptologen Joachim erfahren wir, daß schon die alten Ägypter sich zu derartigen kosmetischen Zwecken einer wasserlöslichen Wachspaste bedienten, die aus Bienenwachs durch Behandlung mit dem Salze des Ammon geworden wurde. Das kosmetische Salböl der Griechen und Römer beim Waschen zur gewöhnlichen Toilette ist sehr wahrscheinlich auch nichts anderes als eine solche wasserlösliche Paste gewesen. Für die rationelle Hautkultur liegt aber in der übermäßigen Anwendung der Seife ohne nachfolgende Korrektur ein Rückschritt, weil die Seife der mechanischen Abtötung und übermäßigen Entfernung von Hautepithelien auch noch die Beseitigung der Fettbestandteile der Haut hinzufügte, die von den Hautdrüsen abgesondert werden,

um die Haut geschmeidig und gegen Feuchtigkeit und andere atmosphärische Einflüsse widerstandsfähig zu machen.

Ich habe in neuerer Zeit als erster auf dieses ganz falsche Reinigen der Haut mit Seife hingewiesen und für den rationellen Betrieb der Körperübungen ein Zurückgehen auf die bessere Praxis der Griechen angeraten. Nach erschöpfenden Körperübungen macht man bereits sehr häufig eine abschließende Massage unter Verwendung von indifferenten Fetten. Hierzu dient besonders Vaselin, oft mit einem Zusatz von Lanolin, welches nach Plinius von den Römern aus dem Wollfette der Schafe hergestellt wurde und neben Cholesterinfetten auch etwas assimilierbares Wachs enthält und das erst in unserer Zeit von Liebreich wieder entdeckt wurde. R. Koch hatte ermittelt, daß sehr wirksame antiseptische Mittel bedeutend an Wirksamkeit verlieren, wenn sie in Öl gelöst werden, und A. Gottstein fand, daß solche Mittel jedoch in Salbenform in dem Maße wieder wirksamer werden, je mehr Wachs in der Masse enthalten ist.

Da gelang es Schleich [96] von neuem, eine wasserlösliche Wachspaste herzustellen, welche wie die klassische Hautsalbe der Griechen allein nach anderen Hautprozeduren, wie Abseifen, verwendbar ist oder gleich in Verbindung mit Seifen angewendet werden kann und der Haut wieder eine der natürlichen ähnliche Schutzschicht verschafft. Die Bedeutung dieser Entdeckung für die Hauskultur ist geradezu grundlegend und wird illustriert durch die Feststellung von Liebreich, daß auch die Menschenhaut Wachskörper enthält, welche mit dem Bienenwachs identisch sind. Dieses Ceratverfahren von Schleich ist auf jeden Fall berufen, auch in der Desinfektion der Hand, besonders bei starker Inanspruchnahme derselben, bahnbrechend zu wirken und hat in der Klinik von Bier durch Klapp und Dönitz [97] unter dem Namen „Chirosoter", also als Handretter auch unter etwas geänderter Form sich bewährt.

Bei regelmäßiger Hautpflege wird man den Gebrauch der gewöhnlichen Seife stark einschränken müssen, da auch die besten neutralen Seifen die Haut spröde machen und ein Gefühl des Gespanntseins und Prickelns hinterlassen. Diese Seifen sind auf die stärker verschmutzten Teile des Gesichtes und der Hand zu beschränken, während Seife allein bei stärkerer Verschmutzung, wie sie z. B. an Händen und Füßen möglich ist, oft nicht einmal ausreicht. Bei spröder Haut wird man solchen Seifen eine Behandlung mit einer geeigneten Salbe folgen lassen oder sich an den Gebrauch der Wachsseifen gewöhnen müssen. Für den übrigen Körper reicht die mechanische Anwendung unter Verwendung eines nassen Tuches oder Handschuhs in der Regel vollständig aus.

Die Körperübungen im Wasser. Das Schwimmen wird als Körperübung oft etwas übertrieben als die vorzüglichste harmonische Körperübung hingestellt, daß eine richtige Wertung etwas schwierig ist. Schon der Umstand, daß das Wasser dem Lichtluftgeschöpfe Mensch gegenüber ein ganz fremdes Medium darstellt, daß das Wasser, worauf ich oft hingewiesen habe, dem Körper die Wärme durch Leitung entzieht und damit an die Haut Anforderungen stellt, auf die diese nicht ausreichend eingestellt ist, nötigt zu dem Versuche einer objektiven Darstellung.

Die Überwindung eines Elementes, welches dem Nichtgewohnten sicheren Untergang droht, stärkt unser Selbstvertrauen und setzt uns darüber hinaus sogar in den Stand, anderen das Leben retten zu können. Wasser-

tauchen und Wasserspringen sind ausgezeichnete Mutproben, die hinter denen des Turnens nicht zurückstehen.

Im Wasser wird dem Körper je nach der Temperatur mehr oder weniger Wärme entzogen, so daß sich die Zeit des Schwimmens nach der Temperatur des Wassers richten muß.

Hierzu kommt der Wärmeverlust durch Konvektion, der darin besteht, daß infolge des Ausgleichs verschieden temperierter Wasserschichten die Wärme vom Körper direkt fortgespült wird, was bei dem im Wasser sich bewegenden Körper in stärkerem Maße der Fall ist.

Während der Druck des Wassers auf den untergetauchten Körper ohne weiteres verständlich ist, herrschen über den Druck des beim Schwimmen nur teilweise eingetauchten Körpers noch sehr auseinandergehende Anschauungen. Nur die mit Luft gefüllten Hohlräume des Körpers sind direkt zusammendrückbar, der äußere Druck wird demnach auf Brust und Bauch ausgeübt und die in den Lungen enthaltene Luft wird zusammen- und ausgepreßt. R. du Bois Reymond [98] hat versucht, den Druck auf die nachgiebigen Teile von Brust und Bauch zu berechnen und kommt dabei auf ein Gewicht von 8 kg. Beim langsamen Hineingehen ins Wasser merkt man diesen Druck bereits von dem Momente an, wo der Bauch in das Wasser einzudringen anfängt, und das ruft bei dem Ungewöhnten bereits ein Angstgefühl hervor. Die Erschwerung der Einatmung und die Leichtigkeit der Ausatmung sind beim Brustschwimmen direkt bemerkbar.

Die Ermüdungsform bei allen Arten des Schwimmens ist in ausgesprochener Weise Ermüdung der Atmung, so daß in richtiger Steigerung das Schwimmen eine der wertvollsten Atemübungen ist, über die wir verfügen. Während infolge des Wasserdruckes das Strömen des Blutes nach dem Herzen in den großen Venenstämmen erleichtert ist, muß das Herz nach den Arterien zu eine Arbeitsvermehrung leisten. Trotzdem kommt es wohl nie zu einer Dehnung des Herzmuskels, sondern im Gegenteil oft zu einer scheinbaren oder wirklichen Verkleinerung des Herzens, wie die Untersuchungen von Kienböck, Selig und Beck [99] ergeben haben. Dieser Einfluß auf das Herz macht sich in dem Maße mehr geltend, wie die Geschwindigkeit wächst, ist also nach den Schwimmarten verschieden. Aber bei allen überwiegt der Einfluß auf die Atmung.

Das spezifische Gewicht des normal genährten Menschen ist während der Ausatmung größer als das von Süßwasser, besonders bei gut entwickelter fettarmer Muskulatur, so daß in diesem Zustande der Körper untersinkt, also nur durch Bewegungen über Wasser zu halten ist; bei sehr fetten Leuten kann das spezifische Gewicht stets geringer als Wasser sein, so daß sie von selbst auf demselben schwimmen. Aber auch bei muskulösen Leuten wird durch Einatmung und Füllung der Lungen mit Luft das spezifische Gewicht geringer als 1, so daß auch der muskulöse Schwimmer durch richtiges Einatmen sich auf dem Süßwasser treiben lassen kann, was im Meerwasser ohne besondere Übung jedem gelingt.

Dieses Treiben im Wasser ist aber noch lange kein Schwimmen, weil wir an dieses auch die Forderung der Ortsbewegung knüpfen und an die Schnelligkeit immer größere Ansprüche stellen. Dabei ist zu beachten, daß das Wasser unserem Vorwärtsdringen einen viel größeren Widerstand bietet als die Luft. Die Vorwärtsbewegung im Wasser geschieht aber ruckweise, so daß bei jedem Zuge eine Phase eintritt, wo das Vorwärtsschreiten

gehemmt wird, nämlich wenn wir uns zu dem neuen Vorstoße sammeln. Da infolge der Ausatmung der Körper tiefer ins Wasser einsinken muß, hat die Schwimmbewegung auch eine Nebenarbeit nach oben zu leisten.

Infolgedessen muß die Schwimmart am langsamsten sein, bei der der Körper den Wasserwiderstand vollständig nach vorn und oben zu überwinden hat; das ist bei dem Brustschwimmen der Fall. Diese Schwimmweise ist für Anfänger auch jetzt noch die beste, um schnell eine gewisse Sicherheit zu bekommen. Dieses Brustschwimmen wird jetzt durch sogenanntes Trockenschwimmen vorbereitet, womit für den Massenbetrieb ein großer technischer Fortschritt erzielt wird. Bei dieser Methode muß der Kopf herausgehoben, der Rücken gestreckt, die Brust vorgewölbt sein, und diese Erscheinung hat wohl überhaupt die Vorstellung gezeitigt, daß das Schwimmen bei gleichzeitiger Tätigkeit des ganzen Körpers eine ideale, harmonische Körperübung sei. Wenn man von der stärkeren Tätigkeit der meist zu wenig direkt geübten Atemmuskeln und einiger Beinmuskeln absieht, ist dieses Schwimmen aber mehr Haltungsübung als eine Übung zur Ausbildung des Körpers.

Die eigentliche Leistung des Schwimmens beruht auf dem ruckweisen Vorwärtsschnellen des Körpers und auf einer möglichst günstigen Überwindung der Widerstände des Wassers. In dieser Beziehung ist das Brustschwimmen sehr ungünstig, weil die Arme und Beine ganz eintauchen und letztere tief im Wasser liegen. Alle anderen Schwimmarten machen von der Möglichkeit Gebrauch, daß die Luft einen viel geringeren Widerstand bietet, indem ein Teil des Körpers bei der Vorwärtsbewegung in der Luft bewegt wird.

Das geschieht schon bei dem Rückenschwimmen, bei dem der Widerstand der Beine ein geringerer ist, weil sie höher liegen, und die Arme ganz außer Wasser zurückgeführt werden können. Die Atmung ist leicht, weil der Wasserwiderstand auf Brust und Bauch aufgehoben ist.

Für längeres Schwimmen hat sich das Seitenschwimmen oder Überhand-Tempo als das relativ schnellste bewährt, bei dem infolge mehr horizontaler Lage die Beine näher an der Oberfläche liegen, so daß von ihrer Kraft für die bloße Aufwärtsbewegung nicht viel ausgegeben werden muß. Eine Hand arbeitet über dem Wasser, was besser ist als der englische Seitenschlag, bei dem die Oberhand dicht unter der Oberfläche des Wassers geführt wird. Bei diesem Schwimmen ist das Atmen wegen der tiefen Lage des Kopfes nicht immer leicht und auch ein kleiner Unterschied vorhanden, je nachdem man auf der Herzseite oder auf der entgegengesetzten Seite schwimmt.

Bei dem Hand-über-Hand-Tempo oder dem spanischen Tempo, welches am ganzen Mittelmeer und in Westindien zu Hause ist, sind abwechselnd beide Arme aus dem Wasser und dabei rollt der Körper so stark, daß die Brust stark entlastet wird; infolgedessen ist die Atmung an sich leicht. Für Dauerschwimmer bietet es keine besonderen Vorteile. Aber es ist die schnellste Schwimmart. Hierbei wird aber das Herz stärker beansprucht als bei den anderen Methoden und die Atmung so stark in Tätigkeit versetzt, daß dieses schnellste Schwimmen nicht auf lange Strecken durchzuführen ist und selbst bei sorgfältigstem Training für Schnellschwimmen anstrengend bleibt und vollständig auspumpt.

Eine Abart dieser Methode ist das Crawl-Tempo; bei diesem Tempo bleiben die Oberschenkel gestreckt und geschlossen, so daß sie keinen Widerstand herbeiführen, und nur die Unterschenkel schlagen abwechselnd auf das Wasser.

Wer sich für die Gesundheit und Wehrhaftigkeit seines Volkes interessiert, hat ein sehr großes Interesse daran, daß das Schwimmen in den Schulen und Vereinen eine größere Ausbreitung erfährt. Die alten Griechen gaben nach Platons Überlieferung ihrer Ansicht von der Bedeutung des Schwimmens einen präzisen Ausdruck durch das Sprichwort: „*Μήτε νεῖν μήτε γράμματα*"; dieses „er kann nicht schwimmen und nicht lesen" war für sie der Ausdruck für einen ungebildeten Menschen. Kabierske [100] kam zu dem Wahlspruche: „Brausen ist gut, Baden ist besser, die Krone aller Wasseranwendungen ist aber das Schwimmbad". Und ich [101] selbst habe meine Ansicht dahin zusammengefaßt, daß ich sagte: „Ein sonst dazu geeigneter Wasserlauf, der nicht zum Segeln, Rudern, Schwimmen und Schlittschuhlaufen ausgiebig benützt wird, hat im nationalen und hygienischen Sinn seinen Beruf verfehlt".

Daß das Wasser infolge unvernünftiger Handhabung gelegentlich mehr schaden als nützen kann, ist sicher, und seit Ferro und Hahn bis zu deren Nachahmern Prießnitz und Kneipp und bis zu dem wissenschaftlichen Reformator der Wasserheilkunst, Winternitz, und den modernen physikalischen Ärzten, sind auch durch unvernünftige Anwendung von Wasser zu Abhärtungs- und Sportzwecken viele Fehler begangen worden.

Aber wenn auch durch verkehrte Anwendung von Wasser und durch Unterlassung der Luft und des Lichtes gelegentlich Nachteile entstanden sind, so kann die Medizin und Hygiene die Anwendung der hygienischen Faktoren der Hydrotherapie und der Aerotherapie doch nicht länger entbehren und wir knüpfen damit nur an glänzende Leistungen früherer Zeiten an. Wenn nun aber auch das letztere nicht der Fall wäre und wir wirklich durch unsere Kleidung ganz der Luft entwöhnt wären, so dürfte uns das nicht abhalten, neben dem Wasser die Luft als Heilfaktor für einzelne und für die Volksgesundung anzuwenden.

Es muß deshalb als ein außerordentlicher Fortschritt anerkannt werden, daß neben dem Wasserbad auch das Luft- und Lichtbad wieder zu Ehren kommt, und es ist um so wichtiger, als der Mensch seiner ganzen Anlage nach ein Licht- und Luft- und kein Wasser-Geschöpf ist. Die Griechen und Römer haben Luft und Licht nicht bloß als Heilfaktoren für Kranke erkannt, sondern in der Gymnastik eine physiologisch und hygienisch gleich ideale Nackturnkunst geschaffen [102].

Die modernen Bestrebungen auf diesem Gebiete knüpfen an Rikli an, der 1855 in Veldes in Krain das Lichtbad einführte, dem er 1865 das Luftbad hinzufügte. Seine Vorstellungen über Elektrizitätswirkungen des Sonnenlichtes auf die Haut wirkten auf die damaligen Ärzte befremdend, während uns heute, wo man schon von der Radioaktivität der Gashülle der menschlichen Haut spricht, nicht mehr die Sache, sondern höchstens die Form befremdet. Diese rein therapeutische Form der Anwendung von Luft und Licht hat allmählich den Ärzten wieder ein Verständnis für die Haut als Atmungs- und Sekretionsorgan eröffnet. Für die Volksgesundheit war das aber unzureichend, und ich selbst habe seit 1881 versucht, dem nachgerade zum Umfug gewordenen Hallenturnen gegenüber einen intensiven Betrieb der Körperübungen im Freien zu fördern. Dann aber wies ich unter Bezug auf das richtigere Vorgehen der Griechen auf die Notwendigkeit hin, die zunächst nur medizinischen Zwecken dienenden Luft- und Lichtbäder zu Nackturnanstalten auszubilden.

In weiterer Ausbildung der Sportkleidung muß man wieder in ver-

nünftiger Weise am richtigen Orte und zur rechten Zeit auch zu einem unserem Klima entsprechenden Nacktturnen kommen.

Der erste, der in diesem Sinne ein Luft- und Lichtbad als wirkliche Nackt-Turnanstalt einrichtete, war Mann, der diese 1901 in Berlin einführte. Zurzeit hat Deutschland bereits ca. 400 Luftbäder, die allerdings zum Teil noch sehr bescheiden sind, aber immerhin einen guten Anfang darstellen.

Luft und Lichtbad können ganz verschiedene Einwirkungen haben, insofern die kühle Luft als kalter Reiz wirkt, das Licht jedoch infolge der höheren Temperatur diesen Reiz direkt ausschließt. Während beim Wasser nur die Wärmeabgabe durch Leitung in Betracht kommt und das Wasser die Wärme 21mal stärker leitet als die Luft, erfolgt die Wärmeabgabe bei nicht schwitzendem Körper an die Luft nur auf dem Wege durch die Strahlung.

Die Reaktion auf eine niedrige Temperatur verläuft bei längerer Anwendung so, daß in einem kalten Bade die sekundäre aktive Blutfüllung der Haut nur kurze Zeit anhält, dann aber infolge der weiteren Wirkung der Kälte eine Lähmung der Hautnerven und der Gefäße und damit Abkühlung eintritt, während bei derselben Temperatur der Luft infolge deren ganz anderen und geringen Leitungsvermögens diese starke Durchblutung länger anhält, so daß die Funktionen der Haut nicht gelähmt, sondern gesteigert werden. Im Bade kann von diesem Moment der Abkühlung an eine stärkere Bewegung der Wärmeentziehung nicht mehr entgegenarbeiten, während in der Luft, wenn Frösteln beginnt, eine stärkere Bewegung (die aber nicht bis zur Schweißbildung gehen darf) die Haut sofort stärker durchblutet und erwärmt.

Die von der Luft getroffenen Nervenendigungen bleiben immer empfindlich für den Kältereiz, veranlassen Bewegungen und bewirken dadurch stets erneuten Blutzufluß und damit Erwärmung der Haut. Mit der reichen Durchblutung tritt eine vermehrte insensible Tätigkeit der Haut und bei der großen Blutoberfläche eine kräftige Hautatmung ein, während es nicht so leicht zum Schwitzen kommt. Der Stoffwechsel steigt und selbst die Körpertemperatur kann mäßig ansteigen. Die Haut vermag den Schwankungen der Außeneinflüsse prompt zu folgen, während sie im bekleideten Zustande immer von einer relativ gleich temperierten, ruhenden Luftschicht umgeben ist.

Zu der anregenden Wirkung der Luft kommt aber noch die Einwirkung des Lichtes hinzu. Schon im diffusen Lichte haben Tiere einer Art, die ständig im Lichte gehalten werden, mehr Blutkörperchen als Tiere derselben Art, die längere Zeit im Dunkeln leben. Bei der Besonnung erhöht sich dieser Einfluß noch, geht in die Tiefe und wirkt sogar auf das strömende Blut. Die Menge des im Körper kreisenden Blutes nimmt nach längerer Einwirkung intensiven Lichtes zu und diese Zunahme ist an die Wirkung der chemisch wirksamen blauen Strahlen gebunden, während sie im dunkeln und roten Lichte ausbleibt. Im Hochgebirge ist die Bedeutung der Lichtwirkung, sowohl des direkten als des durch den Schnee reflektierten Lichtes, seit Jahren bekannt. Widmar [103] meinte geradezu, die Heilfaktoren im Hochgebirge und an der See seien sogar identisch — wobei selbstverständlich von der mächtigen Wirkung der Luftverdünnung auf die Atemmechanik im Gebirge abgesehen werden muß, der die See nichts an die Seite zu stellen hat — weil das Meer eine große Spiegelfläche darstellt zur Ausnützung des indirekten Lichtes, indem besonders bei schrägen Strahlen die physiologisch wirksamen blauen Strahlen reflektiert, die ultraroten und die

Wärmestrahlen absorbiert würden. Im Hochgebirge sind aus obigen Gründen sogar im Winter Licht- und Luftbäder möglich, so gut wie man dort im Winter an windstillen Tagen in der Sonne in der leichtesten Kleidung Spaziergänge machen, selbst Schlittschuhlaufen kann, während Rodeln und Skilaufen aus anderen Gründen eine besondere Kleidung erfordern. Ich [104] habe das Sonnenlicht geradezu als das beste Tonikum erklärt, über welches die Heilkunde verfügt.

Die Belichtung der Haut macht einen Schutz derselben erforderlich, den der Blutfarbstoff der zugrunde gehenden roten Blutkörperchen zu liefern hat und der sich in der Bräunung der Haut ausspricht. Es wird deshalb eine starke Neubildung von roten Blutkörperchen erforderlich und die blutbereitenden Organe, besonders das Knochenmark, treten in erhöhte Tätigkeit, so daß demnach der Einfluß des Lichtes ein sehr tiefgehender ist. Dazu kommt im Hochgebirge und an der See eine Steigerung der Oxydation. Damit ist auch eine Steigerung des Stoffwechsels im ganzen gegeben, die sich auch in Vertiefen der Respiration, vermehrter Harnausscheidung und bedeutender Zunahme des Appetits ausspricht.

Auch Grabley [105] hat diese Einwirkung und die Vermehrung der roten Blutkörperchen und des Hämoglobingehalts im Licht-Luftbade zahlenmäßig festgestellt. Die Bräunung der Haut hat als Schutzmittel eine große Bedeutung, denn die nicht gewöhnte Haut ist intensiver schmerzhafter Rötung bis zur Verbrennung ausgesetzt und bei hoher Temperatur kann auch Sonnenstich eintreten, während der bekleidete Körper dabei infolge der Wärmestauung dem Hitzschlage ausgesetzt ist.

Fermi [106] fand sogar, daß in solchen Fällen die Besonnung Krankheitserscheinungen wie Kopfschmerzen, Trockenheit der Nasenschleimhaut, Schnupfen auslöst und Infektionen begünstigt. Wolpert ermittelte, daß der Bekleidete bei Besonnung und bei fehlender Besonnung denselben Gasaustausch zeigt, der Nackte dagegen bei Besonnung weniger Kohlensäure abgibt als bei fehlender Besonnung und der Mensch überhaupt bei einer Temperatur über 27° mit einer Einschränkung des Stoffwechsels reagiert. Brieger [107] machte geltend, daß Lichtbäder — was aber mehr von den künstlichen gilt — sehr angreifende Schwitzbäder sind und Luftbäder nicht dosierbar sind.

Die von Rikli überkommene Art der Lichtbäder durch ruhiges Liegen und Gebratenwerden im Sonnenlicht kann deshalb ganz fehlerhaft sein. Bei Nacktturnanstalten in meinem Sinne muß deshalb ein Wechsel von Ruhe und Bewegung und eine wirkliche körperliche Ausbildung, aber auch ein Wechsel von Licht und Schatten möglich sein und außerdem auch in vernünftiger Weise eine Benützung von Wasserprozeduren vorgesorgt werden.

Wer im Luft- und Lichtbad ein Allheilmittel sehen will, muß daran erinnert werden, daß die tropischen Naturvölker, die sich dauernd im paradiesischen Zustande befinden, keineswegs idealen Gesundheitszustand bieten. So hat Stephan [108] bei den Eingeborenen des Bismarck-Archipels beobachtet, daß ihr Durchschnittsalter sehr niedrig, ihre Geburtsziffer gering, Malaria verbreitet ist, Pockenepidemien, ferner auch Tuberkulose, Lupus, Lepra, Karzinom und Sarkom vorkommen, Widerstandsfähigkeit gegen Eiterungen nicht vorhanden war und selbst trotz der idealen Nichtkleidung Erkältungskrankheiten nicht fehlten. Das traurige Beispiel der ganz verunglückten Siedelung europäischer Vegetarianer „für Sonne, Tropen und Kokosnuß“ im paradiesischen Zustande auf der Insel Kabakon zeigt, daß

Übertreibungen nicht am Platze sind und daß solche Fanatiker der berechtigten Bewegung für Ausbreitung der Sonnenbäder oft mehr schaden, als nützen.

Bei der Einbuße an Licht, mit der die Städte infolge der Staub- und Rußplage immer mehr bedroht werden, gewinnen die Luft- und Lichtbäder und das Freilichtturnen für die Schüler eine immer größere Bedeutung.

Wollen wir gegenüber den Entartungerscheinungen zu einer Wiedergeburt, gegenüber der Degeneration zur Regeneration kommen, so ist es unerläßlich, daß bei dem Betriebe der Körperübungen neben der Technik der Übungen, neben turnerischen Durchschnittsleistungen und sportlichen Höchstleistungen die gesundheitliche Seite in umfassendem Maße zur Geltung kommt.

Wir müssen mit Rücksicht auf eine drohende Häufung von Entartungserscheinungen, die sich aus unserer sozialen Entwicklung und unseren humanitären Auffassungen in höherem Maße als jemals früher ergibt, mit Rücksicht auf die Wehrhaftigkeit und die damit gegebene Möglichkeit für die höchsten Güter des Volkes und Staates einzutreten, und mit Rücksicht darauf, daß nur ein gesundes, kräftiges und stets schutzbereites Volk allen seinen sozialen, wirtschaftlichen und nationalen Aufgaben gewachsen ist, jetzt in viel höherem Maße als früher darauf bedacht sein, dem Betrieb der Körperübungen etwaige gesundheitliche Gefahren zu nehmen, und alles zu verwerten, was sie zu einem wichtigen Faktor positiver aufbauender Hygiene macht. Die Hygiene der Körperübungen ist zum vollen Verständnisse ihrer Bedeutung für das persönliche und öffentliche Wohl unerläßlich.

Literatur:

1) Wegen weiterer Einzelheiten ist zu verweisen auf Hueppe, Hygiene der Körperübungen, Leipzig 1910, Verlag von S. Hirzel.
2) Hueppe, Über antike und moderne Athletik, Allgemeine Sport-Zeitung 1899; Schmidt, Om Femkampen, Kopenhagen 1907; Grützner, Deutsche Turn-Zeitung 1906, **1/2**.
3) Philostratos über Gymnastik, Leipzig u. Berlin 1909.
4) Vgl. hierzu Schwiening u. Nicolai, Über die Körperbeschaffenheit der zum einjährig-freiwilligen Dienst berechtigten Wehrpflichtigen Deutschlands; Veröffentlichungen aus dem Gebiet des Militärsanitätswesens, Berlin 1909; v. Vogl, Münchener med. Wochenschrift 1909, **40**.
5) Berliner klin. Wochenschrift 1908, **1**.
6) Zur Sport-Hygiene, Sport im Bild 1906, **16** u. **17**.
7) Vgl. hierzu: Hueppe, Handbuch der Hygiene, Berlin 1899, S. 387 bis 436; F. A. Schmidt, Unser Körper, 3. Aufl., Leipzig 1909; Zander, Die Leibesübungen, Leipzig 1900; Silberer, Handbuch der Athletik, 2. Aufl., Wien 1900; Flatow u. Jahns, Handbuch für Wetturner, Berlin 1902; Möller, Der Vorturner, Leipzig u. Berlin 1909; Brustmann, Olympischer Sport, Berlin 1910; Schwiening, Hygiene des Dienstes, **3**, 253, in: Bischoff, Hoffmann u. Schwiening, Lehrbuch der Militärhygiene, Berlin 1911.
8) Vergl. hierzu: Hueppe, Über Unterricht und Erziehung vom sozial-hygienischen und sozial-anthropologischen Standpunkte. Ztschr. f. Sozialwissenschaft 1905, **8**, 490.
9) Die hygienische Bedeutung der erziehenden Knabenhandarbeit, Leipzig 1899.
10) Hueppe, Volksgesundung durch Volksspiele, Leipzig 1898.
11) Handbuch der Physiologie des Menschen, Coblenz 1840, **2**, 85, 100.
12) F. A. Schmidt, Die Gymnastik an den schwedischen Volksschulen, 2. Aufl. Berlin 1909.
13) F. A. Schmidt, Körper und Geist, 1908, **17**, Nr. 16.
14) Vergl. Hueppe, Körper und Geist, 1905, **15**, Nr. 2—4.
15) Vergl. hierzu z. B. die Abbildungen in den guten neuen Anleitungen von A. Stolz und Ch. Enders, Die moderne Ringkampfkunst, München 1907; A. Stolz, Der Frei-Ringkampf, München 1909; J. Koch, Lehrbuch des Ringkampfs, Berlin 1909.
16) Schmidt, Möller u. Radczwill, Schönheit und Gymnastik, Leipzig 1907; Eckardt, Der Turnunterricht, entwickelt aus den natürlichen Bewegungsformen, Dresden 1908.

17) Burgaß, Winterliche Leibesübungen in freier Luft. Leipzig, 2. Aufl. 1910.
18) Turnen und Sport, Deutsche Turn-Zeitung 1888, Nr. 33—34 und Allgemeine Sport-Zeitung 1888, Nr. 3—6.
19) Vierteljahrsschrift für körperliche Erziehung 1908, **4**, Heft 4.
20) Körper und Geist 1909, **18**, Nr. 14.
21) E. Gaupp, Über die Rechtshändigkeit des Menschen, Jena 1909.
22) Medizinische Klinik 1909, Nr. 6.
23) Hueppe, l. c., Volksgesundung, S. 12 und Monatsschrift für das Turnwesen 1900, Heft 8; K. Koch, Die Erziehung zum Mut, Berlin 1900.
24) Jahrbücher der Hamburger Staatskrankenanstalten 1894, **3**.
24a) Jessen, Motz u. Dominicus, Die Zahnpflege in der Schule. Straßburg 1905.
25) Über Fortschritte in der Zubereitung der Speisen. Prager med. Wochenschr. 1890, **42/43**.
26) Die Blutverteilung und der Tätigkeitswechsel der Organe. Leipzig 1871.
27) Hueppe, Körper und Geist, 1906, **15**, Nr. 2—4; Oberst, Selbstgymnastik, Berlin 1909; Proschek, Übungssystem koordinierter Muskelgruppen. 3. Aufl., Prag 1907; Siebert, Der Kraftsport. 2. Aufl. Leipzig 1907; Sommer, Muskelkraft und Formenschönheit. Berlin 1908; Stolz, Lehrbuch der Kraft- und Muskelausbildung. 3. Aufl. München 1907.
28) Vgl. hierzu z. B.: Tschudi, Körper und Geist, 1907, **16**, Nr. 15/16.
29) Mosso, Arch. Ital. de Biologie 1890, **13**; Zoth, Arch. f. d. ges. Physiologie 1906, **111**; Piasecki, Bulletin de l'Académie des sciences de Cracovie 1907, S. 292.
30) Tetanus, Leipzig 1865.
31) Serologische Studien. Stuttgart 1905; Jahresbericht über die Ergebnisse der Immunitätsforschung 1908, **3**, 73, 493.
32) Die Nahrungsmittel. Leipzig 1874.
33) Vgl. hierzu Hueppe, Zur Sozialhygiene der Tuberkulose. Wien 1904.
34) Deutsches Arch. f. klin. Medizin 1910, **100**, 429.
35) Militärärztliche Ztschr. 1868, 1872, 1890.
36) Virchows Archiv 1873, **57** und Vorlesungen über die Krankheiten des Herzens 1889.
37) Zuntz u. Schumberg, Studien zu einer Physiologie des Marsches. Berlin 1901; Zuntz, Abschnitt „Gymnastik" im Handbuch der physikalischen Therapie von Goldscheider u. Jacob, S. 154.
38) Berl. klin. Wochenschr. 1897, **10**.
39) Mallwitz, Körperliche Höchstleistungen mit besonderer Berücksichtigung des olympischen Sports. Halle 1908.
40) Deutsche med. Wochenschr. 1907, **5**.
41) Wiener klin. Wochenschr. 1907, **5**.
42) Berl. klin. Wochenschr. 1908, **3**.
43) Körper und Geist, 1909, **18**, Nr. 14.
44) Hueppe, Über die Körperübungen in Schule und Volk und ihren Wert für die militärischen Übungen. Berlin 1895.
45) Über Kraft- und Stoffwechsel im Hochgebirge. Arch. f. d. ges. Physiologie 1903, **95**, 447.
46) Die Kraftleistungen des Tierkörpers. Berlin 1908.
47) Deutsch. Arch. f. klin. Medizin **19**.
48) Wiener med. Wochenschr. 1906, **6/7**.
49) Beiträge zur Physiologie maximaler Muskelarbeit, Berlin o. J. (1887 oder 1888) u. Physiology of Sport, London 1892.
50) Athletik-Jahrbuch, Berlin 1907, S. 56, s. auch Mallwitz, l. c.
51) Münchener med. Wochenschr. 1907, **29/30**.
52) Münchener med. Wochenschr. 1908, **10**.
53) Hueppe, l. c.; A. Mosso, Der Mensch auf den Hochalpen. Leipzig 1899; Zuntz, Löwy, Müller u. Caspari, Höhenklima und Bergwanderungen in ihrer Wirkung auf den Menschen. Berlin 1906; R. F. Fuchs, Sitzungsbericht der physikalisch-medizinischen Sozietät in Erlangen 1908, **40**, 204; 1909, **41**, 125.
54) Leitenstorfer, Das militärische Training. Stuttgart 1897.
55) Die Umschau, 1906, **26**.
56) Archiv f. experimentelle Pathologie und Pharmakologie; Supplementband, Festschrift für Schmiedeberg, 1908, S. 29.
57) Physiological Economy in Nutrition, New-York 1904; ferner Higgins, Humaniculture ibid. 1906; Horace Fletcher, The A, B.—Z. of our own Nutrition, ibid 1903.

58) Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences 1907, **13**, 1.
59) American Journ. of Physiology 1906, **16**.
60) Berliner klin. Wochenschr. 1908, **12**.
61) Hueppe, Antike und moderne Athletik. Deutsche Turn-Ztg. 1884, **40/42** u. Allgem. Sport-Ztg. 1899.
62) Hueppe, Der moderne Vegetarianismus. Berlin 1900; Albu, Die vegetarische Diät. Leipzig 1902; Caspari, Arch. f. d. ges. Physiologie **109**, 594; Ehrhardt, Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. 1909, **41**, 448.
63) Die Kraftleistungen des Tierkörpers. Berlin 1908.
64) Körperübungen, l. c. u. Handbuch d. Hygiene, S. 366.
65) Die Arbeit der Verdauungsdrüsen. Wiesbaden 1898.
66) Volksernährungsfragen. Leipzig 1908.
67) Bericht über den 14. Internationalen Kongreß für Hygiene, Berlin 1908, **2**, 332.
68) Arch. f. d. ges. Physiologie 1899, **77**, 425.
69) Die Harnsäure als ein Faktor bei der Entstehung von Krankheiten. Berlin 1902.
70) Deutsche med. Wochenschr. 1908, **46**.
71) U. St. Office of Experiment-Stations Bulletin, Nr. 63, 69, 109, 175.
72) Arch. f. d. ges. Physiologie **10**, 251 u. 641; **50**, 98 u. 330.
73) Handb. d. Hygiene, S. 361.
74) Das Problem der Lebensdauer. München u. Berlin 1908, S. 12.
75) Staats- und sozialwissenschaftliche Forschungen 1902, **20**, Heft 2.
76) Volksernährungsfragen. Leipzig 1908.
77) Ernährung und Lebenskraft der ländlichen Bevölkerung. Berlin 1910.
78) l. c., Volksernährungsfragen, S. 118.
79) Arch. f. d. ges. Physiologie **113**, 341.
80) Körperübungen und Alkoholismus. Berlin 1903.
81) Strasser, Erkältung und Abhärtung. Deutsche Klinik, Berlin-Wien 1903, **1**, 605; Chodounsky, Erkältung und Erkältungskrankheiten. Wien 1908.
82) Arch. f. Hyg. 1901, **39**, 142.
83) Hueppe, Über die modernen Kolonisationsbestrebungen und die Anpassungsmöglichkeit der Europäer in den Tropen. Berlin 1901.
84) Zur Rassen- und Sozialhygiene der Griechen. Wiesbaden 1897, S. 90.
85) Archiv für Hygiene **51**, 319.
86) Baelz, Monatsschr. f. d. physikal.-diätet. Heilmethoden 1909, **1**, 17.
87) Bericht über den XIV. internationalen Kongreß für Hygiene 1908, **2**, 388.
88) Zur Kenntnis der Wärmeregulierung bei den warmblütigen Tieren. Erlangen 1872.
89) Über die Übung. Berlin 1881.
90) Anatomischer Anzeiger 1902, **21**, Nr. 16/17.
91) Arch. f. d. ges. Physiologie 1904, **47**, 105.
92) Wie behütet man Leben und Gesundheit seiner Kinder. Wien und Leipzig 1892.
93) Blätter für Volksgesundheitspflege 1903, **3**, Nr. 4.
94) Ebenda 1905, **5**, Nr. 19/20.
95) Beziehungen der Luft zu Kleidung, Wohnung und Boden. Braunschweig 1873.
96) Körperkultur. Berlin 1908.
97) Deutsche medizinische Wochenschrift 1907, Nr. 34.
98) Archiv für Anatomie und Physiologie; physiologische Abtg. 1905, S. 252.
99) Münchener medizinische Wochenschrift 1907, Nr. 29/30.
100) Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege 1906, **38**, 119.
101) Handbuch der Hygiene, S. 417.
102) Hueppe, Die Mittelschul-Enquete. Wien 1908, S. 749; Pudor, Katechismus der Nacktkultur, Berlin 1906, S. 14; Derselbe, Nacktkultur, Heft 1 u. 2, Berlin 1906; J. P. Frank, System einer vollständigen medizinischen Polizei **6**, Frankenthal 1792; Hufeland, Makrobiotik, Jena 1796, neu aufgelegt Berlin 1887.
103) Medizinische Klinik 1909, Nr. 45.
104) Bericht über den 14. intern. Kongreß für Hygiene und Demographie 1908, **2**, 381.
105) Ebenda 1908, **4**, 212 und Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte zu Dresden 1908, $\mathbf{2}_2$, 220.
106) Archiv für Hygiene 1903, **48**, 321.
107) Bericht über den 14. internationalen Kongreß für Hygiene, **4**, 215.
108) Archiv für Rassen- und Gesellschafts-Biologie 1905, **2**, 799.

Das Klima.

Von

A. Lode in Innsbruck.

Das Klima.

Nach der von Hann [1] gegebenen Definition versteht man unter Klima die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre an irgendeiner Stelle der Erdoberfläche kennzeichnen. Da der zu einer bestimmten Zeit herrschende Zustand der Atmosphäre als Wetter bezeichnet wird, kann das Klima eines Ortes auch nach Trabert [2] als sein mittleres Wetter definiert werden. Für den Hygieniker genügt indes, wie dies Rubner zum Ausdruck gebracht hat, die Kenntnis der meteorologischen Erscheinungen nicht. Es müssen auch die Gefährdungen der Gesundheit erörtert werden, welche durch die Anwesenheit der einer Örtlichkeit angehörigen Krankheitserreger bedingt sind (z. B. Malariaparasiten in Sumpfgegenden).

Für den mittleren Zustand der Atmosphäre ist von den im Kapitel Luft erörterten Faktoren die durch die Sonnenstrahlung zugeführte Wärmemenge und deren jahreszeitliche Verteilung von größtem Belange. Die Menge der zugeführten Wärme entspräche, wenn man sich die Erdoberfläche eben und aus einem einheitlichen Materiale zusammengesetzt vorstellt, ferner keine oder eine keinen Wasserdampf enthaltende Atmosphäre vorhanden wäre, ausschließlich der geographischen Breite. Durch diese wird, wie Seite 427 ausgeführt ist, der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen und demnach die auf die Flächeneinheit entfallende Wärmemenge bedingt.

Insofern man nur die Größe der Sonnenstrahlung für die Einteilung der Klimate der Erde heranzieht, spricht man von einem solaren Klima und unterscheidet ein Polar-, ein Tropenklima und das Klima der gemäßigten Zone. Die Abgrenzung wäre hierbei durch Wende- und Polarkreise gegeben (vgl. S. 428).

Wie der Verlauf der Isothermen aber lehrt, fallen die Breitenkreise mit den Linien gleicher Erwärmung keineswegs zusammen. Für diese ist vielmehr die Verteilung von Land und Meer, die Beziehung eines Ortes zu den großen Luft- und Meeresströmungen u. a. m. maßgebend. Es verdienen daher die Abgrenzungen der Klimazonen durch die Isothermen mehr Beachtung. Supan [3] unterscheidet die warme Zone innerhalb der Jahresisothermen von 20°, die gemäßigte zwischen der Jahresisotherme von 20° und der Isotherme von 10° des wärmsten Monats. Polwärts von dieser ist die kalte Zone. Ein früherer Vorschlag von Supan [4] ließ die gemäßigte Zone durch die Jahresisothermen von 20° und 0° begrenzen. Doch zeigte sich, daß polwärts von der Nullisotherme zu verschiedene Klimate hinsichtlich der Einwirkung auf die Vegetation und den Menschen existieren. Das Entscheidende ist also nicht der Mittelwert und auch nicht die Winterkälte, sondern in erster

Linie die Sommerwärme, also die Isotherme des wärmsten Monats. Fällt diese unter 10°, so ist Waldwuchs und Getreidebau ausgeschlossen und die menschlichen Kulturformen nehmen eine geänderte Gestalt an. Auch grenzt die Nulljahresisotherme nicht, wie Supan ursprünglich annahm, die Zone des ewigen Bodeneises ab.

Rochard [5] unterscheidet ein heißes Klima zwischen den Isothermen von 25°, ein warmes zwischen den Isothermen von 25—15°, ein gemäßigtes zwischen + 15 und + 5°, ein kaltes zwischen + 5 und — 5°, und ein polares unter — 5°.

Köppen [6] benützt für seine Einteilung die Dauer der Zeit, während welcher sich die Temperatur zwischen gewissen Grenzwerten hält. Es ergeben sich hierdurch Beziehungen zwischen örtlicher Lage und Vegetationsform, die für die Kultur des Menschen von Bedeutung sind. Erreicht die Temperatur nicht wenigstens einen Monat lang 10° C, so ist Feldbau und Baumwuchs unmöglich. Weizenbau und das Gedeihen der Eiche erfordern durch wenigstens 4 Monate 10° C. Köppen unterscheidet folgende Wärmezonen:

1. Tropischer Gürtel, alle Monate über 20° heiß.
2. Subtropischer Gürtel; 4—11 Monate heiß über 20°; 1—8 Monate gemäßigt (unter 20°).
3. Gemäßigter Gürtel, 4—12 Monate gemäßigt (10—20°).
4. Kalte Zone, 1—4 Monate gemäßigt, die übrigen kalt.
5. Polare Gürtel, alle Monate kalt, unter 10° C.

Wärme und Regenfall benützte A. E. Herbertson zu seiner Einteilung. Nach geographisch begrenzten Bezirken haben Supan [7], Köppen [8] u. a. Einteilungen versucht, welche im Rahmen dieser Darlegungen nicht berücksichtigt werden können.

In der folgenden Besprechung werden zunächst die solaren Klimatypen und ihre Einwirkung auf den Menschen erörtert: Polarklima, Klima der gemäßigten Zone, Tropenklima. Daran wird sich die Schilderung jener Veränderungen des solaren Klimas reihen, welche in der Beschaffenheit der Unterlage (Wasser, Land, Vegetation) ihren Grund haben: Land-, See-, Wald-, Wüstenklima. Einer besonderen Besprechung wird auch jene Klimaform bedürfen, welche durch die beträchtliche Erhebung eines Ortes über das Meeresniveau bedingt ist: Höhenklima.

Literatur:

1) Hann, Handb. der Klimatol. Bd. I, S. 1, 1908.
2) Meteorol. und Klimatologie. Wien 1905, S. 83.
3) Grundzüge der physischen Erdkunde. Leipzig 1903, S. 88.
4) Petermanns Geogr. Mitt. 1879.
5) zit. Rubner, Lehrb. d. Hyg. 5. Aufl., S. 107.
6) Deutsche Met. Zeitschr. 1884, S. 215 und Hann, Klimat. I. Bd., III. Aufl., S. 342.
7) loc. cit. S. 212.
8) Geogr. Zeitschr. 1901.

Das Polarklima [1].

Nur ein kleiner Teil (etwa acht Hundertstel) der Erdoberfläche liegt innerhalb der Polarkreise. Charakteristisch ist für diese Zonen, daß die Sonne wenigstens einmal im Jahre durch 24 Stunden über (Sommer) oder unter (Winter) dem Horizonte bleibt. Dieses Verhältnis trifft bei den Orten am Polarkreise an den Solstitien (21. Juni und 21. Dezember) ein. Polwärts werden die Zeiten des Sonnenscheines und des Sonnenmangels immer länger, bis sich am Pole selbst ein halbjähriger Tag- und Nachttypus entwickelt hat: die tägliche Periode hat sich in eine jährliche umgewandelt.

Die Polarzonen besitzen die niedrigsten Jahresmitteltemperaturen. Doch fällt der geographische Pol nicht mit dem kältesten Punkte der Erde zu-

sammen, der in Nordostsibirien in der Gegend von Werchojansk an der Grenze der gemäßigten Zone liegt. Ein zweiter Kältepol wird im arktischen Nordamerika und Nordgrönland in einer Breite von etwa 85° angenommen.

Bei der geringen Feuchtigkeit der arktischen Luft und der geringen Luftbewegung in den von den Sturmbahnen nicht mehr berührten Polargegenden wird die niedere Temperatur leichter ertragen und die Klagen der Polarfahrer beziehen sich mehr auf die Monotonie der Temperatur und die endlose Polarnacht, welche auf den Gemütszustand ungünstig einwirkt. Wegen des geringen Wasserdampfgehaltes der Atmosphäre fehlen Wolken fast stets und auch die Niederschlagsmengen sind geringfügig. Doch ist meist ein feiner Staub aus Eiskristallen in der Luft. Auch das von manchen Polarforschern geschilderte quälende Durstgefühl, welches zum Genusse von Schnee verleitet, ist auf den geringen Wasserdampfgehalt der Luft zurückzuführen.

Der Mangel an Sonne während der langen Polarnacht bringt es mit sich, daß die tägliche Wärmeschwankung kaum 1° C überschreitet und sich der Winter so sehr verlängert. Die tiefsten Temperaturen treten erst im Februar, März, ja selbst im April ein. Im Juli erreicht die Wärme ihr Maximum, z. B.: Nordgrönland 82°, 3,3° C, Drift der Fram (Nansen) 83½°, 0,3° C, Gegend von Franz-Josef-Land 81°, 0,6° C. Die tägliche Wärmeschwankung erhebt sich auch nur wenig über 5° C.

Trotz der langen Dauer des Polartages und der dadurch gegebenen langen Insolation ist der Wärmeeffekt der schief einfallenden Strahlen der Sonne nicht bedeutend. Er genügt nur, um die obersten Eisschichten des Bodens aufzutauen und Teile der mächtigen im Winter gebildeten Eisdecke zum Schmelzen zu bringen. Dadurch entstehen allenthalben Wassertümpel, welche die Mückenplage des Polarsommers erklären.

Dem dauernden Sonnenschein, dem geringen Wind und der Staubfreiheit des arktischen Sommers, der relativen Trockenheit der Luft schreibt Schou [2] sogar therapeutische Vorzüge zu. Exaktes ist darüber indes noch wenig bekannt.

Die Verluste an Menschenleben bei den arktischen Expeditionen, welche Harald Westergaard [3] bis in das 16. Jahrhundert zurück verfolgte, sind zum allergrößten Teile auf Unglücksfälle oder die übergroßen Strapazen zurückzuführen. Mit der besseren Ausrüstung und der sorgfältigeren Vorbereitung zu den Expeditionen haben sich diese Gefahren erheblich vermindert und auch der früher so gefürchtete Skorbut, der übrigens in allen Klimagebieten vorkommt, ist, dank der fortgeschrittenen Technik in der Erzeugung der manigfachsten Konserven, verschwunden.

Von ärztlicher Seite sind nur wenige Veröffentlichungen bekannt. So von Blessing [4], der eine Reihe von Beobachtungen an den Teilnehmern der Nansenschen Expedition gesammelt hat. In den 3 Jahren Aufenthalt im „ewigen Eise“ hatten von den 11 untersuchten Personen 6 an Gewicht um insgesamt 28 kg zugenommen, während 5 eine Abnahme von insgesamt 10,3 kg zeigten. Blutkörperchenzahl und Hämoglobingehalt boten nichts von der Norm Abweichendes. Den von den Polarfahrern gefürchteten Skorbut schreibt auch Blessing der verdorbenen Nahrung der früheren Expeditionen zu. Bei der üblich gewordenen gut konservierten und abwechselungsreichen Kost habe diese Erkrankung für den Polarforscher nur mehr historisches Interesse.

Katarrhalische Erscheinungen des Respirationstraktes und der Bindehaut, welche v. Payer [5] erwähnt, beschreibt Blessing nicht, obwohl solche Erkrankungen durch den raschen Temperaturwechsel zwischen Schiff oder Hütte und der Außenluft erklärbar wären.

Im wesentlichen sind Blessings Ergebnisse negativ hinsichtlich des Gesundheitszustandes. Trotzdem erzeugte die Polarnacht, welche in den von Nansen besuchten Gegenden 140—150 Tage andauerte, Schlaflosigkeit, eine gereizte Stimmung, welche die Teilnehmer scherzhaft als arktischen Humor bezeichneten.

Epidemien und Endemien scheinen in den arktischen Gegenden nur wenig verbreitet, wozu offenbar auch der geringe Verkehr beiträgt. Phthise soll allerdings in Grönland an der Westküste und in Kanada nicht selten sein.

Über die Verhältnisse der südlichen Polarzone sind unsere Kenntnisse noch sehr gering. Nur über den geringen Gehalt der Luft an Keimen berichtete Ekelöf Erich [6]. Um einen Keim auf der Insel Snow Hill auf seinen mit Nährboden beschickten Petrischalen zu erhalten, mußte er im Durchschnitte 2 Stunden exponieren. In einem Falle blieb eine Platte sogar nach $7\frac{1}{2}$ Stunden steril, während in Schweden vom Verfasser nach der gleichen Methode angelegte Platten nach wenigen Minuten Expositionszeit zahlreiche Kolonien entwickeln ließen. Wenn auch die Methode mangelhaft ist, beweisen die Versuche immerhin die Bakterienarmut der Polarluft.

Von den ständigen Bewohnern des arktischen Festlandes sind nur wenige verläßliche Daten bekannt. Für Grönland und Island hat Westergaard [7] die Sterblichkeit ermittelt. Wir geben die Zahlen nach der Zusammenstellung von Prinzing [8].

Alter	Grönland 1880—1890		Island 1881—1890		Dänemark 1881—1890	
	männlich	weiblich	männlich	weiblich	männlich	weiblich
5—10 Jahre	1,54	1,63	0,95	0,87	0,72	0,77
10—15 „	1,29	0,97	0,49	0,46	0,44	0,56
15—20 „	1,73	1,29	0,72	0,60	0,49	0,58
20—25 „	2,60	1,01	1,36	0,75	0,70	0,61
25—30 „	2,75	2,01	1,49	1,03	0,65	0,74
30—35 „	2,63	2,12	1,56	1,10	0,68	0,79
35—40 „	2,49	2,28	1,44	1,00	0,78	0,84
40—45 „	3,88	2,92	1,75	1,35	0,98	0,93
45—50 „	5,21	2,71	1,76	1,16	1,26	1,02
50—55 „	6,34	4,79	3,25	2,08	1,68	1,22
55—60 „	6,8	5,6	3.32	2,41	2,26	1,70
60—65 „	8	9	4,20	3,51	3,33	2,61
65—70 „	14	15	6,28	4,91	4,69	3,92
70—75 „	17	26	8,05	7,3	7,00	5,83

Trotz der hohen Sterblichkeit in Grönland wäre es gefehlt, das nordische Klima dafür verantwortlich zu machen.

Vor allem spricht dagegen der erhebliche Unterschied der Mortalität von Süd- und Nordgrönland. Letztere gleich 100 gesetzt, beträgt sie in Südgrönland 131. Für die hohe Sterblichkeit kommen hauptsächlich die durch das Leben auf dem stürmischen Meere bedingten Unfälle in Betracht. Mehr als 10 Proz. der gesamten Todesfälle sind Verunglückungen. Trotz der Brusternährung — die Renntiere werden nur gejagt und nicht gezähmt — ist die Kindersterblichkeit groß, wozu auch die Sitte beiträgt, im Falle des Todes der Mutter die Kinder auszusetzen oder ins Meer zu werfen [9] (Nansen).

Infolge der höchst ungünstigen Wohnverhältnisse und der Unreinlichkeit der Bewohner ist die Verbreitung der Tuberkulose sehr groß [10]. Im letzten Dezennium ist eine Besserung eingetreten und der Überschuß der Geburten über die Sterbefälle nicht unbedeutend.

Literatur:

1) Trabert, loc. cit. S. 89; van Bebber, Hygien. Meteorologie, Stuttgart 1895, S. 226 und 321; Woeikof, Klimate der Erde, Jena 1887, Bd. II, Kap. 18, Der hohe Norden.
2) Journ. of Americ. Association Nr. 5, 1906, zit. in Pfeiffers Jahresb. d. Hyg. 1909, S. 44.
3) Die Lehre von der Mortalität und Morbilität, Anthrop. stat. Unters. Jena, Fischer, 1901, S. 429.
4) Deutsch. med. Wochenschr. 1897, Bd. 23, Nr. 16, S. 251.
5) Öst.-ung. Nordpolexpedition 1872/74. Wien 1876, S. 253ff.
6) Zeitschr. f. Hyg. Bd. 56, S. 344, Hyg. Rundsch. 1908, S. 253.
7) Lehre von der Mortalität und Morbilität. Jena 1901, S. 432, 416.
8) Handb. der mediz. Statistik. Jena, Fischer, 1906, S. 505.
9) Fridtjof Nansen, Eskimoleben, Übers. aus d. Norw., Leipzig u. Berlin, 1903.
10) Heymann, Br., Zeitschr. f. Hyg. Bd. 48, S. 59, daselbst noch zitiert H. Kieer, Meddelelser om Sygdomsforholdi Grönland Ugeskrift for Leeger, 1900, Nr. 19. C. Lange, Bemarkninger om Grönlands Sygdomsforhold, Bibl. for Leeger 1864.

Das gemäßigte Klima.

Annähernd die Hälfte der Erdoberfläche nehmen die gemäßigten Zonen zwischen den Wendekreisen und Polarkreisen ein. Den Namen verdankt das Klima dieser Zonen der mittleren Jahrestemperatur, die niedriger als in der Tropen- und höher als in der polaren Zone ist. Die jeweilig vorhandenen Temperaturen weisen aber die größten Unterschiede auf. Innerhalb der „gemäßigten“ Zone ist der wärmste Ort der Erde Valley in Kalifornien, während, wie oben erwähnt, auch das kälteste Gebiet der Erde um Werchojansk in Sibirien zum Teile südlich vom nördlichen Polarkreise liegt. Doch auch an demselben Orte, insbesondere im Innern der Kontinente, sind die jährlichen Temperaturschwankungen außerordentlich große. In Werchojansk betragen die mittleren Temperaturen des kältesten Monates rund — 51° C, während sich die Durchschnittstemperatur des wärmsten Monates auf rund + 15° C beläuft, was einer mittleren Schwankung von 66° gleichkommt. In den Extremen differiert Winter und Sommer aber um mehr als 100°. Geringere Schwankungen weisen die Orte am Meere oder in der Nähe der Küste auf.

In den gemäßigten Zonen steht die Sonne niemals im Zenit, verschwindet aber auch an keinem Tage des Jahres vollständig. Ihnen ist auch der Wechsel zwischen einer kalten Jahreszeit (Winter) und der warmen (Sommer) mit den Übergangszeiten Herbst und Frühjahr eigen. Besonders ausgeprägt ist der Unterschied der Jahreszeiten in den mittleren Breiten des gemäßigten Klimas. Während in den Tropen die aus Nordost bzw. Südost kommenden Passate das herrschende Windsystem darstellen, überwiegen in den gemäßigten Zonen die Westwinde. Vom Westen her ziehen die barometrischen Depressionen und Hochdruckgebiete, den Wechsel von Bewölkung und Sonnenschein, Niederschlag und Trockenheit bedingend. In der dadurch gegebenen anregenden Wirkung liegt der Vorzug des gemäßigten Klimas und der Schlüssel für die höhere kulturelle Arbeit ihrer Bewohner.

Das Tropenklima.

Die Zone zwischen den beiden Wendekreisen umfaßt rund vier Zehntel der gesamten Erdoberfläche und ist dadurch gekennzeichnet, daß die Sonne zweimal im Jahre im Zenit steht. Aber auch an den Tagen niedersten Sonnenstandes, an den Wendekreisen, beträgt die Sonnenhöhe noch ca. 43°. Die Länge des Tages ändert sich auch an den Grenzen des Tropengürtels nur wenig im Laufe des Jahres. Am Wendekreise dauert der kürzeste Tag noch 10½ Stunden. Infolgedessen ist die Einstrahlung der Wärme stets bedeutend. Ein Wechsel der Jahreszeiten macht sich nur insofern geltend, als dem durch den Hochstand der Sonne (in den Kalmen) verursachten aufsteigenden Luftstrom meist eine Regenperiode entspricht. Wo nicht durch die Verteilung von Land und Meer See- oder Landwinde das Klima beherrschen, tritt daher zweimal im Jahre die Regenzeit ein, die übrigens keinesfalls durch ununterbrochenen Regenfall ausgezeichnet ist, sondern eine Häufung von Gewitterregen mit einem ausgesprochenen täglichen Gange darstellt.

Gegen die Wendekreise nähern sich die Zeiten des Zenitstandes der Sonne und es tritt nur einmal im Jahre die Regenzeit ein.

Während also die Zone der Kalmen durch Niederschlag und Bewölkung ausgezeichnet ist, herrscht südlich und nördlich von dieser in der Zone der Passate vorwiegend heiterer Himmel. Der relativ trockene Passat wird nur dann zum regenspendenden Wind, wenn er über Gebirgskämme steigt und durch Abkühlung seinen Wasserdampf zur Kondensation bringt. In den Gegenden mit Monsunen ist die Zeit des Seewindes die Hauptregenzeit. An der Malabarküste (Westküste von Vorderindien) fallen zur Zeit des SW-Monsunes mehr als 75 Proz. der gesamten jährlichen Regenmenge.

Da dem Höchststande der Sonne die größte Niederschlagsmenge und Bewölkung entspricht, erscheint jene Zeit, von der man die größte Insolation erwarten sollte, als die kühlere, die Zeit des niederen Sonnenstandes als die wärmere. Auch dieser Umstand trägt dazu bei, daß die jährliche Temperaturschwankung sich verkleinert.

Es ist für die Tropenzone charakteristisch, daß die tägliche Wärmeschwankung die jährliche übertrifft. Nach Spitaler und Batchelder [1] betragen die Mitteltemperaturen am Äquator für den Januar 26,4° C, für den Juli 25,6° C, entsprechend einer Differenz von 0,8° C und bei 10° nördl. Br. 25,8° C gegen 26,9° C, entsprechend einem Unterschiede von 1,1° C, während Tagesschwankungen von 8° C (z. B. im Innern des afrikanischen Kontinentes am Kongo) beobachtet werden [2].

Die hohe und gleichmäßige Mitteltemperatur wird durch den beträchtlichen Feuchtigkeitsgehalt der Luft — wenigstens in der Nähe der tropischen Küsten — noch unangenehmer empfunden. Im Binnenlande und besonders in den höheren Lagen verliert das Tropenklima viel von jener Eigenart, die wir in der Regel mit dem Begriffe der Tropen verbinden. Eine erschöpfendere Beschreibung müßte daher einzelne Zonen der heißen Länder und nicht ein Tropenklima schlechtweg schildern.

Im folgenden soll die Einwirkung des Klimas der heißen Zone auf den Menschen nur im Hinblicke auf die physiologischen Funktionen erörtert werden. Eine Tropenpathologie zu geben liegt nicht im Rahmen dieser Ausführungen. In dieser Hinsicht sei auf die trefflichen Werke von Däub-

ler [3], Schilling [4], Plehn [5], Nocht [6], Scheube [7] und insbesondere auf das unter Mitwirkung namhafter Autoren von Mense [8] herausgegebene Handbuch der Tropenkrankheiten verwiesen.

Um für das Tropenklima mit seinen durch die Höhenlage bedingten Modifikationen auch Zahlen zu bringen, sei hier die von Steudel veröffentlichte Tabelle wiedergegeben, wobei zur Topographie folgendes bemerkt wird.

Die Orte des 1. bis 5. Stabes liegen im Gebiete des Kilimandscharo, in Westusambara und Uhehe, also sämtlich in Gegenden, die für die Besiedelung mit Europäern in Deutsch-Ostafrika in Betracht kommen. Zum Vergleiche ist in Stab 6 Berlin angeführt. Daressalam ist der Sitz des kaiserlichen Gouverneurs in Ostafrika und der Typus des tropischen Küstenklimas. Richmond und Brisbane in Queensland, Stab 8 und 9, wurden gewählt als Orte, in denen sich innerhalb der Wendekreise Europäer nicht nur vollwertig erhalten, sondern auch vermehren konnten. Stab 10—12 sind Orte Südafrikas.

Meteorologische Daten tropischer Gegenden nach v. Danklmann und Uhlig (aus Steudels Abhandlung: Kann der Deutsche sich in den Tropen akklimatisieren. Arch. f. Schiffs- u. Tropenhygiene, Bd. 12, Beihefte, 1908, S. 92).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Moschi 3° südl. Br. 1150 m Höhe	Aruscha (1903) 3° südl. Br. 1440 m Höhe	Kilimandscharostation Marangu 3° südl. Br. 1560 m Höhe	Kwai (Usambara) 5° südl. Br. 1610 m Höhe	Tosomaganga süd. Alt-Iringa (Uhehe) 8° südl. Br. ca. 1600 m Höhe	Berlin 52° nördl. Br. 40 m Höhe	Daressalam 7° südl. Br. 10 m Höhe	Richmond 27° südl. Br. 270 m Höhe	Brisbane 27° südl. Br. 40 m Höhe	Bloemfontain 28° südl. Br. 1390 m Höhe	Buluwayo 20° südl. Br. 1360 m Höhe	Kapstadt 34° südl. Br. 10 m Höhe
1. Jahresmittel in Cels.-Grad.	20,7	19,5	16,7	16,3	17,8	8,5	25,3	22,9	20,0	15,9	19,6	16,3
2. Höchstes Monatsmittel	23,9	21,0	20,2	18,8	20,4	18,1	27,6	28,8	24,8	22,6	23,2	20,6
3. Niedrigstes Monatsmittel	18,0	17,1	13,3	13,4	15,0	— 0,7	22,6	15,0	13,8	7,6	14,2	12,3
4. Differenz von 2. und 3.	5,9	3,9	6,9	5,4	5,4	18,8	5,0	13,8	11,0	15,0	9,0	8,3
5. Absolutes Maximum	33,5	30,2	30,5	30,6	30,3	37,0	33,2	41,8	37,8	34,5	40,6	36,3
6. Absolutes Minimum	12,2	9,0	7,5	5,5	8,3	— 25,0	16,8	— 0,1	+ 2,8	— 5,2	+ 0,6	+ 3,2
7. Differenz von 5. und 6.	21,3	21,2	23,0	25,1	22,0	62,0	16,4	41,9	35,0	39,7	40,0	33,1
8. Mittlere tägliche Temperaturschwankung	10,7	10,7	11,0	8,9	10,9	7,5	6,9	—	—	16,1	14,9	10,1
9. Relative Feuchtigkeit (Jahresmittel in Proz.	66	75	77	78	70	75	83	—	—	51	57	72

Einfluß des Tropenklimas auf das Blut und die Körpertemperatur.

Eine allgemein anerkannte Erscheinung ist es, daß der Europäer, der einige Zeit in den Tropen zubringt, meist eine auffallend blasse Gesichtshaut bekommt.

Ältere Autoren, Saint Vel, van der Burg, stellten daher den Begriff der Tropenanämie auf, und behaupteten geradezu, daß jeder in den Tropen lebende Europäer blutarm werde.

Dieser Behauptung steht eine Zahl von Beobachtungen entgegen, die vorwiegend im Laboratorium zu Batavia auf Java, und zwar durch Vergleich eingewanderter Europäer mit jenen des Mutterlandes und andererseits mit den eingeborenen Malaien gewonnen wurden. So fanden Glogner [9], Eijkman [10], van der Scheer [11], Kohlbrugge [12] den Gehalt an roten Blutkörperchen nicht wesentlich geändert. Glogner [13] will zwar bei den Tropeneuropäern ein geringeres spezifisches Gewicht des Blutes gefunden haben und schloß daraus auf eine Abnahme der im Blut gelösten Stoffe und in weiterer Folge, da vorwiegend die Eiweißkörper das spezifische Gewicht bestimmen, auf einen Zustand der Eiweißverarmung.

Indes verwendete Glogner zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes die Methode von Hammerschlag, deren Zuverlässigkeit nicht feststeht. Nach derselben Methode fand Gryns [14] keine Abweichung von der Norm und auch Eijkman [15], der mit dem Kapillarpyknometer gearbeitet hatte, konnte Glogners Befunde nicht bestätigen.

Mit Recht macht Kohlbrugge auf die Möglichkeit aufmerksam, daß Blutbefunde, die auf eine abnorme Zusammensetzung des Blutes hindeuten, von Malariarekonvaleszenten herstammen könnten, da bei diesen noch lange Blutkörperchenanzahl und Hämoglobingehalt subnormal bleiben.

Auch hinsichtlich des Volumens und des spezifischen Gewichtes der roten Blutkörperchen vermochte Eijkman [16] zwischen Tropeneuropäern und Malaien keinen Unterschied zu erheben.

Mit Recht wird also die Tropenanämie als eine physiologische Erscheinung des Tropeneuropäers nicht mehr beschrieben. Wo eine solche besteht, ist sie wohl zweifellos als eine Folge der zahlreichen Erkrankungen, vor allem der Malaria anzusehen oder auf die sehr verbreiteten Darmparasiten — besonders Ankylostomum — zurückzuführen.

Das gleiche dürfte auch hinsichtlich der Blässe der Haut gelten, da die Hypothesen, welche auf eine geänderte Blutverteilung (Haut und innere Organe) hinzielen, nicht gut gestützt sind. Eher könnte an den Mangel an Anregung für die Hautgefäße gedacht werden, welche in dem stets feuchtwarmen Klima keine ausreichenden Reize erfahren [17]. Einfacher ist die Erklärung von Plehn, der die Hautblässe auf die Sorgfalt zurückführt, mit welcher man in den Tropen die Einwirkung des Sonnenlichtes meidet [18].

Wie die Zusammensetzung des Blutes ist auch die Körpertemperatur beim Gesunden nicht verändert. Die gegenteiligen Angaben von Davy und Jouset [19], wonach die Temperatur in den Tropen um 1—2° C erhöht sein sollte, haben durch Glogner [20] und Eijkman [21] ihre Widerlegung erfahren. Eijkman konnte auch zwischen den einzelnen Malaien und den eingewanderten Europäern keinen Unterschied finden. Ebensowenig Plehn [22], der die Temperaturen von Kamerunnegern und Europäern verglich.

Stunde	Neger in Kamerun		Europäer in Europa
	Temperatur in der Achselhöhle	Zahl der Messungen	
7—7½ a. m.	36,4	50	—
3 p. m.	37,15	19	36,96
5 p. m.	37,2	32	37,02
6 p. m.	37,1	56	36,96

Es liegen also in den Tropen, wenigstens im Freien, keineswegs Verhältnisse vor wie in überhitzten Räumen, in denen ja gelegentlich starke Steigerungen der Eigenwärme, besonders bei schwer arbeitenden Leuten, vorkommen. Demnach fallen die von Kurita im Maschinenraume des Schiffes Itsukushima bei Fahrten in tropischen Gewässern erhobenen Wärmesteigerungen nicht der warmen Zone als solcher zur Last [23].

	Durchschnittliche Raumtemperatur	Körperwärme			Puls	Atem
		Maximum	Minimum	Durchschnitt		
28 Feuerleute	46,78° C	39,1° C	37,2° C	38,13° C	103	30
6 Mann im Maschinenraum	41,10° C	37,6° C	37,2° C	37,40° C	89	—

Unter den 28 Feuerleuten zeigte sich bei zweien eine Temperatur von 39—39,1° C, bei 17 von 38,0—38,9° C, während im Maschinenraume, der wesentlich kühler war, keiner eine Eigenwärme von mehr als 37,6° C hatte.

Ähnliche Beobachtungen sammelte Hirschfeld [24] und Schmidt [25] bei Fahrten im Roten Meere.

Exzessive Anstrengungen, Laufen, schnelles Bergsteigen können aber auch im gemäßigten Klima Temperaturen von über 39° C hervorrufen [26]. Daß solche Störungen der Wärmeregulation in den Tropen, insbesonders bei schwach bewegter Luft und hoher Feuchtigkeit in unzweckmäßiger Kleidung bei schwerer Arbeit und großen Marschleistungen in verstärktem Maßstabe auftreten, beweist die Statistik der Fälle von Hitzschlag. So hatte die englische Armee in Indien 1886—1898 2,5 ‰ Erkrankungen mit 0,7 ‰ Todesfällen, während die deutsche (in 17 Jahren) nur 0,28 ‰ Erkrankungen und 0,01 ‰ Todesfälle aufwies [27]. Man wird demnach in den Tropen nicht nur auf eine rationelle Einteilung der Arbeitszeit (Ausschaltung der heißesten Tageszeit) nnd der Marschleistungen, sondern auch auf eine zweckmäßige Kleidung (helle Farben, gute Luftdurchgängigkeit, Vermeidung beengender Schnitte, Nackenschutz durch den Tropenhelm) zu sehen haben.

Die Nahrungsaufnahme und Resorption der Nahrung in den Tropen.

Man hat sich früher die Ansicht gebildet, daß in den Tropen ein Teil der Wärmeregulierung darauf beruht, daß die Nahrungsaufnahme herabgesetzt sei, was automatisch durch den mangelnden Appetit erfolge. Insbesondere sollten auch Stoffe mit hohem kalorischen Werte, wie Fette, in der Nahrung eine geringere Rolle spielen als beim Europäer der gemäßigten Zone.

Durch genaue vergleichende Untersuchungen an Tropeneuropäern und Malaien vermochte Eijkman [28] das Irrige dieser Ansicht zu zeigen. Er studierte an 8 europäischen Versuchspersonen (5 Ärzten und 3 Dienern), ferner an europäischen Soldaten auf Java und andererseits an 5 Malaien

die Menge und Zusammensetzung der täglichen Kost und des resorbierten Anteils derselben.

Die Tagesration der Europäer gibt folgende Tabelle:

Versuchspersonen Nr.	Körpergewicht kg	Gesamtgewicht		Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrate g	Asche g	Alkohol g	Kalorien
		frisch g	trocken g						
I	74,0	2675	451,2	88,8	82,5	263,8	16,1	20	2353
II	76,5	3224	507,0	106,0	92,5	283,2	25,3	25	2623
		3176	566,0	114,3	109,8	315,7	26,2	24	2952
III	62,8	3325	437,1	96,6	53,3	263,0	24,2	21,5	2126
IV	54,0	3307	513,4	103,8	81,8	304,8	23,0	30,5	2650
V	42,8	2679	324,7	63,2	35,4	213,9	12,2	28	1661
VI	71,0	3493	509,0	102,3	118,2	263,7	24,8	17,5	2722
	73,7	3176	454,5	78,3	91,3	267,5	17,4	21	2413
VII	81,0	4723	494,8	141,4	129,2	198,0	26,2	48	2928
	82,8	3607	496,5	136,1	140,1	200,5	19,8	47,5	3015
VIII	59,0	3025	504,7	105,3	76,5	303,8	19,1	36	2641
Mittel	65,4	3214	468,1	99,6	83,8	264,2	20,5	28,5	2470

Die Ausnutzung erfahren wir, wenn wir nach der folgenden Tabelle die im Kote ermittelten Mengen der Nährstoffe von den eingeführten in Abzug bringen.

Versuchsperson Nr.	Gesamtgewicht		Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrate g	Asche g	Kalorien
	frisch g	trocken g					
I	150	26,4	10,5	4,4	8,2	3,3	117,3
II	118	26,7	12,1	5,2	6,6	2,8	125,0
	116	24,1	10,0	5,3	6,2	2,6	115,6
III	59	19	6,6	3,1	7,0	2,3	84,8
IV	81	23,3	11,9	3,7	5,9	1,8	107,5
V	169	24,7	10,0	2,4	10,0	2,3	104,3
VI	122	24,8	10,5	3,5	7,5	3,3	106,5
	127,5	29,5	12,8	4,5	9,1	3,1	131,5
VII	213	44,1	15,0	9,4	13,8	5,9	205,6
	188	37,5	12,2	14,2	5,8	5,3	206,0
VIII	186	28,8	16,4	2,9	6,7	2,8	122,0
Mittel	136	26,9	11,4	4,7	7,8	3,0	121

Wir erhalten demnach durch Resorption vom Körper aufgenommen im Mittel:

Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Asche
88,2	79,1	256,4	17,5

Der Malaie lieferte folgende Ergebnisse:

1. für die Nahrungsaufnahme

Versuchsperson Nr.	Körpergewicht kg	Gesamtgewicht		Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrate g	Asche g	Kalorien
		frisch g	trocken g					
IX	42,3	2218	497,4	64,4	22,6	396,8	13,6	2103,4
X	47,4	2718	493,5	59,1	21,0	398,6	14,8	2070,0
XI	58,1	—	605,8	95,9	63,8	420,9	25,2	2672,2
XII	49,4	2511	661,0	74,3	17,8	555,3	13,6	2746,5
XIII	51,0	2834	701,0	72,9	25,9	587,9	14,3	2950,2
Mittel	49,6	2570	594,7	73,3	30,2	471,9	16,3	2512

2. für die nicht resorbierten Nahrungsstoffe

Versuchsperson Nr.	Gesamtgewicht frisch g	Gesamtgewicht trocken g	Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrate g	Asche g	Kalorien
IX	168	29,3	12,6	5,0	9,0	2,7	134,9
X	201	38,7	18,2	5,1	12,8	2,6	174,3
XI	219	42,9	21,9	5,5	12,2	3,3	190,6
XII	143	26,9	15,0	4,8	4,7	2,4	124,4
XIII	192	40,0	19,2	5,5	11,0	4,3	175.0
Mittel	185	35.6	17,4	5,2	9,9	3,1	160

woraus die ausgenützte Menge sich ergibt mit:

Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Asche
55,9	25,0	462,0	13,2

Berechnet man die kalorischen Zahlen für den Tropeneuropäer, so findet man für die aufgenommene Nahrung 2470, für die resorbierte 2349 Kalorien bei einem mittleren Gewicht von 65,4 kg. Berechnet für einen Mann von 70 kg würde der Wärmewert 2599 bzw. 2466 Kalorien betragen. Nach Rubner würde in Europa für die gleiche Arbeitsleistung der Wärmewert auf 2445 Kalorien zu veranschlagen sein.

Für den 50 kg schweren Malaien liefert die Kost im Durchschnitte 2512 Kalorien, von denen 160 nicht resorbiert wurden. Demnach ergibt sich für den Malaien von 50 kg, welcher schwerere Arbeit verrichtet, 2352 Kalorien. Für malaiische Studenten der Medizin ergibt sich eine Bruttozahl von 2330 Kalorien. Umgerechnet auf einen Malaien mit einem Gewichte von 70 kg ergäbe sich je nach der Arbeitsleistung 2500—3400 Kalorien, Zahlen, die mit den gleichen Arbeitskategorien der Europäer ziemlich übereinstimmen.

Hinsichtlich der Zusammensetzung der freigewählten Nahrung bietet der Tropeneuropäer keinen Unterschied gegenüber der gleichen Wohlhabenheitsklasse in der Heimat dar.

So deckt bei einem Kraftbedarfe von 2400 Kalorien der leichte Arbeit verrichtende Europäer von seiner Nahrung 19,2 Proz. durch Eiweiß, 29,8 Proz. durch Fett und 51 Proz. durch Kohlehydrate; die von Eijkman ermittelten Zahlen lauten 15,4 Proz. für Eiweiß, 31,3 Proz. für Fett und 53,3 Proz. für Kohlehydrate. Interessant ist, daß die Zahlen für Fett sich sogar über die Mittelwerte in der europäischen Kost erheben. Es wird hierdurch widerlegt, daß eine Abneigung gegen Stoffe mit hoher Verbrennungswärme sich ausbildet.

Wenn die Kost des Malaien sich durch einen größeren Reichtum an Vegetabilien auszeichnet, dürfte dies weniger dem Klima als der sozialen Lage des Eingeborenen zuzuschreiben sein. Durch diese Kost erfährt die Zufuhr von Eiweiß und insbesondere von Fett eine Herabminderung; andererseits leidet die Resorption. Wohlhabendere Malaien, so die untersuchten Studenten, genießen übrigens einen größeren Anteil an Eiweiß und Fett in Form von tierischen Nahrungsstoffen. Es spielen also bei der Wahl der Speisen nicht so sehr das Klima, als die sozialen Verhältnisse und die hieraus resultierenden Gewohnheiten die Hauptrolle.

Ranke hat in neuerer Zeit behauptet, daß die länger dauernde Ein-

wirkung intensivster Hitze zu einer instinktiven Beeinträchtigung der Nahrungsaufnahme führe, wodurch es zu einer Unterernährung käme, die ihrerseits den „Tropenmarasmus" zur Folge habe, der sich in nervöser Reizbarkeit, Unfähigkeit zu körperlichen und geistigen Leistungen, Anämie, erhöhter Disposition zu Infektionskrankheiten äußere. Auch die Wärmeregulierung habe ihre bestimmte Grenze, wie der Hitzschlag zeigt, und die Existenz aller Warmblüter sei an bestimmte Temperaturgrenzen gebunden. An der unteren und oberen Grenze dieses Temperaturspielraumes geraten Wärme-, Stoff- und Kraftbilanz miteinander in Konflikt. Ranke [29] hat auch an Selbstversuchen seine Ansichten zu erhärten gesucht, jedoch nur die Werte für die Nahrungsaufnahme und nicht jene für die tatsächliche Resorption ermittelt. Dadurch mangelt Rankes Versuchen die Beweiskraft.

Jedenfalls warnen erfahrene Tropenärzte vor dem Versuche, durch absichtliche Verminderung der Nahrungsaufnahme die eigene Wärmeproduktion herabsetzen zu wollen. „Das Minimalmaß von Nahrungszufuhr, das wir brauchen, um die Einnahmen und Ausgaben unseres Körpers im Gleichgewichte und damit seinen Bestand und seine Leistungsfähigkeit ungeschmälert zu erhalten, ist in den Tropen ebenso groß wie in unseren Breiten" (Nocht [30]).

Die Stickstoffausscheidung der Europäer in den Tropen.

A. Die N-Ausscheidung im Harn bestimmte Eijkman [31] bei 12 gesunden, akklimatisierten Europäern, denen die Wahl der Nahrung frei gelassen wurde. Innerhalb 24 Stunden fand er folgende Mittelwerte:

Körpergewicht	24 stündiger Harn			
	Volumen cm³	Spez. Gew.	Stickstoff in Grammen	
			total	pro kg
66 kg	1545	1,016	12,802	0,193

In Europa fanden im 24 stündigen Harn g N (im Mittel) Pflüger und Bohland [32] 12,672, pro kg 0,194, Bleibtreu und Bohland [33] 14,953, pro kg 0,233.

Demnach stehen die Zahlen Eijkmans für akklimatisierte Europäer sehr nahe den von Bleibtreu-Bohland ermittelten. Ein Einfluß des Tropenklimas auf die Eiweißzersetzung scheint nicht zu bestehen.

B. Die Stickstoffabsonderung durch die Haut. Für den Europäer fand Cramer für 24 Stunden eine Stickstoffausscheidung durch die Haut im Sommer von maximal 1,38 g [34] und Leube [35] konstatierte in einem Versuche, in dem er sich im Stickstoffgleichgewichte befand, nach einem Schwitzbade mit nachfolgender Einpackung ein Stickstoffdefizit von 2 g in Harn und Kot, welches er entsprechend der Annahme von Voit [36] als durch den Schweiß abgeschieden ansieht.

Eijkman [37] fand in der Unterkleidung und Bettwäsche nach sorgfältiger Sammlung aller Schweißbestandteile einen Stickstoffverlust durch die Haut, welcher, auf 24 Stunden berechnet, 1—1,5 g N beträgt. Man wird

trotz der unzureichenden Menge der Versuche demnach eine wesentlich veränderte Stickstoffausscheidung durch den Schweiß nicht behaupten können.

C. Stickstoff im Kot. Auch die Ausnützung des Stickstoffs im Darmkanale scheint bei gesunden Organen keine Veränderung in den Tropen zu erfahren. So fand Eijkman bei 3 Europäern, die durch längere Zeit in Indien gelebt hatten, je nachdem die Nahrung mehr oder weniger animalische Bestandteile enthielt, 12—24 Proz., im Mittel 18,3 Proz. Stickstoffverlust durch den Kot. Bei zwei untersuchten Malaien war die Stickstoffausscheidung im Kote etwas höher und zwar 19,5 bis 22,2 Proz., im Mittel 20,85 Proz. des eingenommenen Nahrungsstickstoffes. Die Differenz erklärt sich unschwer, da der Malaie einen größeren Anteil seines Stickstoffs in Form von Vegetabilien zu sich nimmt als der Tropeneuropäer.

Vergleichen wir diese Angaben mit den in Europa gewonnenen, so sind die Differenzen nicht hoch genug, um an andere als individuelle Verschiedenheiten denken zu lassen. Eijkman führt zum Vergleich die Angaben von Flügge, Schuster, Benecke an, nach denen 10,4—18 Proz., ferner von Bär, Jeserich und Meinert [38], nach denen 15,28—20,21 Proz. N im Kot in Verlust gehen. Nakahama fand ferner bei 13 Personen im Mittel 22,55 Proz., maximal 38,02 Proz., minimal 14,66 Proz. Stickstoffverlust. Auch Magnus Levy [39] gibt Verluste von 6—10 Proz. bei vorwiegend animalischer und bis zu 30 Proz. bei vorwiegend vegetabilischer Ernährung an.

Durch diese Ermittelungen Eijkmans [40] wird die Angabe Glogners [41] widerlegt, nach welcher das heiße Klima eine mangelhafte Eiweißresorption bedingen sollte. Auch die Ausscheidung mangelhaft resorbierter Fette und Kohlehydrate wird unwahrscheinlich, da das Gewicht getrockneter Fäces bei europäischen Versuchspersonen und Malaien fast gleich groß ist (38 g gegen 37 g pro Tag).

Eijkman hat auch auf Grund seiner Zahlen für die Stickstoffausscheidung den Eiweißbedarf mit 106 g Eiweiß pro Tag berechnet, eine Zahl, die sich abermals mit den für die gemäßigte Zone gefundenen Werten deckt.

D. Ebensowenig wie sich eine veränderte Nahrungszufuhr gesetzmäßig erweist, ist auch der Gaswechsel der Tropenbewohner gegenüber jenem des Europäers verändert. Mit Hilfe des Zuntz-Geppertschen Apparates bestimmte Eijkman [42] bei 12 Malaien und 11 Europäern den verbrauchten Sauerstoff und die produzierte Kohlensäure und verglich sie mit den in der Literatur vorliegenden Zahlen. Aus letzteren ergab sich folgendes, wobei die Ermittelungen von Geppert, Loewy, Katzenstein, Magnus Levy als Basis dienten.

Körpergewicht	Respiratorischer Gaswechsel					
	Exspirationsluft		pro Minute			Resp.-Quot. $\frac{CO_2}{O}$
			CO_2-Ausscheidung cm³	O-Verbrauch		
	CO_2-Gehalt Proz.	O-Defizit Proz.		für 62 kg cm³	berechnet für 64 kg cm³	
62 kg	3,47	4,56	189,9	242,6	250,3	0,775

Die Mittelwerte für die 12 Malaien, meist Spital- oder Hausdiener, betrugen:

Körpergewicht	Respiratorischer Gaswechsel					
	Exspirationsluft		pro Minute			Resp.-Quot. $\frac{CO_2}{O}$
	CO_2-Gehalt Proz.	O-Defizit Proz.	CO_2-Ausscheidung cm^3	O-Verbrauch für 50,4 kg cm^3	O-Verbrauch berechnet für 64 kg cm^3	
50,4 kg	3,16	3,61	188,2	214,0	251,5	0,882

Zum Vergleiche folgen die Mittelwerte für europäische Tropenbewohner.

Körpergewicht	Respiratorischer Gaswechsel					
	Exspirationsluft		pro Minute			Resp.-Quot. $\frac{CO_2}{O}$
	CO_2-Gehalt Proz.	O-Defizit Proz.	CO_2-Ausscheidung cm^3	O-Verbrauch für 68 kg cm^3	O-Verbrauch berechnet für 64 kg cm^3	
68,0 kg	3,35	4,23	199,2	253,1	245,7	0,791

Wenn diese Zahlen auf ein Körpergewicht von 64 kg umgerechnet werden, so ergäbe sich als Sauerstoffverbrauch für den Malaien 251,5 ccm bei einer mittleren Außentemperatur von 26,6 ° C, für den Europäer unter den gleichen Verhältnissen 245,7 ccm, während der Europäer zur kühlen Jahreszeit 250,3 ccm Sauerstoff verbrauchen würde. Auch für die verschiedenen Jahreszeiten der gemäßigten Zone konnte Eijkman die gleiche Konstanz finden.

Sauerstoffverbrauch im Sommer 253,8 ccm pro Minute
„ „ Winter 253,3 „ „ „

Wärmeabgabe und Wärmeaufnahme durch die Haut.

Da keine Anhaltspunkte bestehen, daß der Tropeneuropäer und der Eingeborene durch Herabsetzung der Nahrungsaufnahme oder seiner Oxydationsprozesse die Wärmeproduktion vermindert, sich also seine Wärmeerzeugung „chemisch“ reguliert, andererseits hinsichtlich der Arbeitsfähigkeit doch ein beträchtlicher Unterschied zwischen dem eingewanderten Weißen und den Landeskindern angegeben wird, muß erwogen werden, ob nicht beim Eingeborenen besondere Vorrichtungen vorhanden sind, welche ihm die Regulierung der Wärme erleichtern. Zunächst könnte man an eine verschiedene Wirkung der Hautfarbe denken, die beim eingeborenen Tropenbewohner meist — wenn auch nicht ausnahmslos, z. B. die hellfarbigen Parsen in Indien — wesentlich dunkler ist als beim Europäer. In der Tat liegen nach dieser Hinsicht interessante Befunde von Schmidt [43] vor. Dieser bestimmte mittels Thermosäule und Galvanometer die Wärmemenge, welche durch die Haut durchgelassen wurde. Als Wärmequelle diente eine 20-Amp.-Bogenlampe, deren Strahlen durch eine Linse konzentriert und andererseits zur Erzielung von Strahlen bestimmter Wellenlänge durch Filter geschickt war. Schmidt fand nun, daß durch die weiße Haut rund ein Zehntel, durch die Haut des Negers jedoch nur rund ein Zwanzigstel der aufgestrahlten Wärme durchgelassen wird. Demnach wurden von der Haut des Weißen

90 Proz. absorbiert und reflektiert und 10 Proz. dringen in das Unterhautzellgewebe, während die analogen Zahlen für den Neger 95 Proz. und 5 Proz. betragen. Demnach gewinnt das Pigment der Negerhaut im Rete Malpighii eine hohe physiologische Bedeutung. Es bewahrt die tieferen schwerer abkühlbaren Schichten vor allzu intensiver Erwärmung und bewirkt durch seine Nähe zur Oberfläche der Epidermis, daß die Absorptionszone der Zone für die Wärmeabgabe sehr nahe gerückt wird. Um der Frage experimentell näher zu treten [44], wurden helle und schwarz gestrichene Flaschen durch die Sonne erwärmt, wobei die Erwärmung der dunklen Flaschen wesentlich höher war, als jene der durchsichtigen. Im Strome eines Ventilators kühlten die schwarzen Flaschen jedoch stärker ab, da ihre im Glase aufgespeicherte Wärme dem Luftstrome zugänglicher war als die in der Tiefe der hellen Flaschen aufgespeicherte. Von diesem Gesichtspunkte gewinnt auch die besonders unter dem Einflusse der ultravioletten Strahlen der Sonne zustande kommende Hautbräunung der Europäer ein erhöhtes physiologisches Interesse. Vielleicht hat auch die strahlende Wärme einen anregenden Einfluß auf die Tätigkeit der Schweißdrüsen der Negerhaut. Unter dem Einflusse gleicher Luftwärme fand übrigens Rubner [45] den Neger hinsichtlich Perspiration dem Europäer nicht überlegen. Schmidt denkt ferner an die Anregung der Talgausscheidung infolge der nahen Lage der Wärmeabsorptionszone zu den Talgdrüsen, wodurch für den Neger günstigere Verhältnisse der Wärmereflexion sich ergeben würden. Daß dem Pigment eine wichtige Rolle zukommt, behauptet auch die Theorie von Schmaedel, der auch Woodruff [46] beipflichtet, nach welcher sich Menschen mit wenig Pigment nicht gut für die Akklimatisation in den Tropen eignen sollen.

Die Hautfarbe scheint auf die Wärmeabgabe durch Strahlung keinen wesentlichen Einfluß zu besitzen, wie Schmidt [47] feststellte. Er fand mittels Thermosäule und Galvanometer als Quotienten zwischen Körpertemperatur der Achselhöhle und Ausschlag des Galvanometers bei den Pigmentierten $\frac{36,83}{6,83} = 5,392$, bei den Weißen $\frac{37,12}{7,21} = 5,148$, demnach Zahlen, die voneinander kaum abweichen. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auf einem völlig anderen Wege Eijkman [48]. Er bespannte mit Wasser gefüllte Blechbüchsen mit weißer und dunkler Haut und beobachtete die Wärmeabnahme. Die mit warmem Wasser gefüllten Büchsen wurden zum Schutze abkühlender Luftströmungen unter mit Wasserdampf gesättigten Glasglocken gehalten. Unterschiede in der Wärmeabnahme bestanden zwischen den verschieden gefärbten Hautproben nicht. Auch die Temperatur der Luft [49] zwischen Haut und Bekleidung, gemessen am Vorderarm und über der Brust, zeigte keine Differenzen nach der Hautfarbe der Versuchsobjekte. Der wichtigste Regulationsmodus für die Wärmeabgabe bleibt die Wasserverdunstung durch die Haut und die Lunge. Diese steigt bekanntlich mit der Erhöhung der Temperatur, gleichviel, ob die Wärme durch Leitung oder Strahlung dem Körper zugeführt wird. So fanden Rubner und Cramer [50] für den Hund folgende Werte bei einer durchschnittlichen relativen Feuchtigkeit von 14—25 Proz. (vgl. folgende Tabelle).

Die hierbei in Erscheinung tretende Erhöhung der Gesamtwärmeproduktion fällt der gesteigerten Atemtätigkeit zur Last.

Ein ganz analoges Resultat erhielten die genannten Forscher [51], als sie das Versuchstier in einem Glaskasten einer Sonnenstrahlung von 0,61

Pro 1 kg und 24 Stunden betrug in Kalorien:

Die Gesamtwärmeproduktion		Die Wärmeabgabe	
bei	Kal.	durch Leitung und Strahlung	durch Wasserverdampfung
25°	58,19	44,00	14,2
30°	61,79	41,89	19,9
35°	68,72	22,42	46,3

bis 0,74 Kalorien pro 1 Minute und 1 cm² aussetzten. Durch Abkühlung des Glaskastens wurde hierbei bewirkt, daß die Lufttemperatur nicht über 28° anstieg (sie schwankte in den einzelnen Versuchen zwischen 25,8° bis 27,8°), wodurch der Einfluß bedeutend erhöhter Lufttemperatur ausgeschaltet wurde. Aus beistehender Tabelle, welche 3 Versuchsreihen und zum Vergleich die Verhältnisse bei ausgeschalteter Sonnenstrahlung enthält, ergibt sich wieder, daß die Sonnenstrahlung eine Vermehrung der Gesamtwärmeproduktion und eine beträchtlich gesteigerte Wasserverdampfung zur Folge hat.

Versuchsreihe	Lufttemperatur	Sonnenstrahlung in Kal. pro cm²	Gesamtkalorien pro 24 Stunden	Wasserverdampfung in Kalorien
Ohne Sonnenstrahlung . .	25°	0	58,2	14,2
Mit Sonnenstrahlung, 1. Reihe	26°	0,65	70,0	41,4
„ „ 2. „	28°	0,74	62,0	38,5
„ „ 3. „	26°	0,61	62,0	50,6

Vom größten Belange für die Wasserdampfabgabe ist der Wasserdampfgehalt der Luft. In übersichtlicher Form orientiert die folgende Tabelle nach den grundlegenden Versuchen von Rubner und Lewaschew [52].

Wasserdampfausscheidung eines Mannes von 58 kg Gewicht, berechnet für 1 Stunde:

Temperatur	Relative Feuchtigkeit	Wasserdampf in g	Relative Feuchtigkeit	Wasserdampf in g
15	8	36,34	89	8,99
20,4	5	54,08	82	15,30
23	7	72,82	84	18,70
25,4	6	75,45	81	23,9
28,9	6	105,03		

Während also die Wasserdampfausscheidung und demnach die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung mit zunehmender relativer Feuchtigkeit absinkt, steigt andererseits die Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung.

Lufttemperatur	Relative Trockenheit in Proz.	Wärmeabgabe in Kalorien		
		insgesamt	durch Wasserverdampfung	durch Leitung und Strahlung
20,2	66	258,4	45,0	213,4
20,2	31	256,6	11,9	244,7
10,5	54	333,7	45,8	287,9
10,5	18	333,1	18,3	314,8

Die Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung ist bei niederer und hoher Temperatur in feuchter Luft vermehrt und zwar in quantitativ erheblicher Weise. Für die Erhöhung der relativen Feuchtigkeit von 22 bis 35 Proz. betragen die vermehrten Werte 9—14 Proz. der Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung. Diese Erhöhung der Wärmeabgabe empfinden wir in kalter Luft besonders störend, weil in ihr vollkommene Wasserdampfsättigung und selbst Nebelbildung relativ häufig ist, weil die Schwankungen der relativen Feuchtigkeit bei niedrigen Temperaturen, wegen ihrer geringen Aufnahmefähigkeit für Wasserdampf bedeutender und ausgiebiger sind und vor allem, weil die absolute Größe der Wärmeentziehung der kalten feuchten Luft jene der warmen beträchtlich überragt. Bei hohen Temperaturen und hoher relativer Feuchtigkeit ist infolge der verminderten Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung, welche in trockener Luft die Entwärmung der Größenordnung nach beherrscht, der Gewinn durch vermehrte Strahlung und Leitung verhältnismäßig geringfügig.

Dennoch spielt er zweifellos in den Tropen eine Rolle. Die Wärmeabgabe erfolgt 1. durch vermehrte Wasserverdampfung, soweit diese durch die Dampfspannung möglich ist, 2. durch erhöhte Strahlung und Leitung bei feuchter Luft, 3. durch Herabsetzung der Wärmeproduktion durch Vermeidung schwerer Arbeit.

Wie sehr die Arbeit bei höheren Feuchtigkeitsgraden die Körperwärme steigert, geht aus Versuchen von Wolpert [53] hervor, der an sich binnen 4 Stunden und bei einer Arbeitsleistung von 60000 m/kg (pro Sekunde 4,17 m/kg) eine Temperatursteigerung von 37,5° auf 38,2°, also um 0,7° C, bei einer Lufttemperatur von 18,8° C und einer relativen Feuchtigkeit von im Mittel 83 Proz. nachwies. In einem anderen Versuche stieg bei gleicher Arbeitsleistung und Arbeitszeit die Temperatur von 37,4° bis 38,25°, also um 0,85° C bei einer mittleren Luftwärme von 16,7° und einer mittleren relativen Feuchtigkeit von 59 Proz.

Daß der eingeborene Tropenbewohner leichter Arbeit verrichtet als der eingewanderte Europäer, ist noch wenig befriedigend erklärt. Den oben betonten Unterschieden der Wärmedurchlässigkeit der weißen und dunklen Haut infolge des Hautpigments seien noch anatomische Differenzen zugefügt. Däubler [54] fand die Negerhaut mit größeren Schweißdrüsen und einem größeren Reichtum an Gefäßen in den tieferen Schichten der Haut ausgestattet als jene des Weißen, allerdings auch jene des Indianers und Malaien. Besondere Unterschiede sollen aber die Talgdrüsen darbieten, welche beim Neger doppelt so groß als beim Weißen sind und in ihrer Mächtigkeit den Haarbalg handförmig umgreifen. Trotz der gleichen Größe der Schweißdrüsen schwitzt der Europäer in den Tropen mehr als der Malaie, wenigstens wenn die Wärmeabgabe gehindert ist. Eijkman [55] fand folgendes:

	Perspiration	Urin	Temperatur
Europäer . .	201	118	32,9
Inländer . .	144	137	32,9

Das Verhältnis der Schweißsekretion zur Harnmenge ist also beim Europäer 1,7 : 1, beim Malaien rund 1 : 1. Das stärkere Schwitzen des Europäers führt Eijkman auf die übliche größere Wasseraufnahme zurück. Es ist allerdings fraglich, ob ein allzu starkes Schwitzen, wie es der Neuling

häufig aufweist, als Vorteil zu betrachten ist. Abgesehen davon, daß bei übermäßigem Schwitzen nur ein Teil des Wassers wirklich verdampft und zur physikalischen Wärmeregulation beiträgt, erzeugt die Ansammlung von Feuchtigkeit auf der Haut, nicht selten Hauterkrankungen, wie Miliaria, den sogenannten roten Hund, die durch ihre Schmerzhaftigkeit den Schlaf stören und hiermit dem Organismus eine für Infektionskrankheiten erhöhte Disposition schaffen.

Trotz der erhöhten Abfuhr der Wärme durch Leitung und Strahlung, welche bei hoher Luftfeuchtigkeit die dann erschwerte Wasserverdunstung teilweise ersetzt, ist es der Hauptsache nach die Luftfeuchtigkeit, welche dem Tropeneuropäer den Aufenthalt erschwert. Rubner [56] fand im Experimente, daß die hohe Temperatur von 40° ohne nennenswerte Schwierigkeit ertragen wurde, falls die Luft trocken ist, während andererseits selbst Temperaturen von nur 24° C bei 96 Proz. relativer Feuchtigkeit im Ruhezustande für die Dauer unerträglich waren. Eine Wärme von 26° bei 60 Proz. relativer Feuchtigkeit wird nach Rubner als „hochwarm, erschlaffend und arbeitslähmend“ empfunden.

Demnach wäre ein „Landklima“, wie es z. B. Lahore, Agra, Peshawar aufweist, bei dem die Temperatur im Maximum auf 48,3°, selbst 49,1° steigt, mit seiner Luftfeuchtigkeit von 30—40 Proz. noch erträglicher als das „Strandklima“ auf Manila und den Philippinen mit nur 26° (im September und November) bei 84 Proz. Feuchtigkeit. Diese Ansichten werden von hervorragenden Tropenkennern vollkommen bestätigt. Däubler [57] sagt, daß es dem Europäer in der Sahara möglich ist, große und anstrengende Fußwanderungen zu unternehmen, die er unter dem Einfluß hoher Luftfeuchtigkeit, nicht, ohne die Gefahr des Hitzschlages, auszuführen imstande wäre.

Literatur:

1) Vgl. Hann, Lehrb. d. Met. II. Aufl., 1906, S. 114.
2) Trabert, Meteor. und Klimat. loc. cit., S. 87.
3) Grundzüge der Tropenhygiene. Berlin 1900.
4) Tropenhygiene. Leipzig, Thieme, 1909.
5) Tropenhygiene. Jena, Fischer, 1902.
6) Tropenhygiene. Sammlung Göschen, Leipzig 1908.
7) Krankheiten warmer Länder. Jena 1896 u. 1911.
8) Mense, Handb. d. Tropenkrankheiten. Drei Bände, 1905, 1906.
9) M. Glogner, Blutuntersuchungen in den Tropen. Virchows Arch., Bd. 128, S. 160.
10) C. Eijkman, Blutuntersuchungen in den Tropen. Virchows Arch., Bd. 126, S. 113.
11) Geneesk. Tijdschr. v. Ned. Indië, Teil 30, S. 516.
12) Geneesk. Tijdschr. v. Ned. Indië, Teil 35, S. 436.
13) M. Glogner, Über das spezifische Gewicht des Blutes des in den Tropen lebenden Europäers. Virchows Archiv, Bd. 126, S. 109.
14) Geneesk. Tijdschr. v. Ned. Indië, Teil 34, S. 480.
15) Virchows Archiv, Bd. 126, S. 113.
16) Geneesk. Tydschr. v. Ned. Indië, Teil 35, S. 360.
17) Kohlbrugge, Arch. f. Schiffs- und Tropenhyg. Bd. 4, S. 206, 209; Glogner, Virch. Arch. Bd. 128, S. 179, 180.
18) Deutsch. med. Wochenschr. 1902. S. 466.
19) Vgl. Kurita, Arch. f. Schiffs- und Tropenhyg. Bd. 11, 1907, S. 681.
20) Virchows Arch. Bd. 119, S. 259.
21) Virchows Arch. Bd. 131, S. 150.
22) (zit. nach) Schilling, Tropenhygiene. Leipzig 1909, S. 20.
23) Arch. f. Schiffs- und Tropenhygiene. 1907, Bd. 11, S. 682.
24) Deutsch. med. Wochenschr. 1893, S. 668.

25) Arch. f. Schiffs- und Tropenhyg. Bd. 5.
26) N. Zuntz in Zuntz und Loewys Lehrb. d. Phys. Leipzig 1909, S. 711.
27) Schilling, Tropenhygiene. Leipzig 1909, S. 174.
28) Virchows Arch. Bd. 133, S. 111 ff.
29) K. E. Ranke, Über die Einwirkung des Tropenklimas auf die Ernährung des Menschen auf Grund von Versuchen im tropischen und subtropischen Südamerika. Berlin 1900. Derselbe, Über die Abhängigkeit der Ernährung vom Wärmehaushalt usw. Münchn. med. Wochenschr. 1905, 2, S. 64. Derselbe, Archiv f. Schiffs- und Tropenhyg. Bd. 11, S. 671.
30) Tropenhygiene. Sammlung Göschen, 1908, S. 71.
31) Eijkman, Über den Eiweißbedarf der Tropenbewohner, nebst Bemerkungen über den Einfluß des Tropenklimas auf den Gesamtstoffwechsel und die Wärmeproduktion. Virchows Archiv **131**, 147 ff.
32) Pflügers Archiv **36**.
33) Pflügers Archiv **38**.
34) Arch. f. Hyg. **10**, 269.
35) Arch. f. klin. Med. **7**, 1.
36) Hermanns Handb. d. Physiol., Leipzig 1881, **6**, 1. Teil, S. 53.
37) Virchows Arch. **131**, 168.
38) Zitiert nach Virchows Arch. **131**, 171.
39) Handb. d. Pathol. des Stoffwechsels von Noorden, 1906, 2. Aufl., **1**, 58.
40) l. c., S. 172.
41) Virchows Arch. **115**.
42) Pflügers Arch. **64**, 57.
43) Arch. f. Hyg. **65**, 28 u. **47**, 273.
44) Arch. f. Hyg. **69**, 16.
45) Arch. f. Hyg. **38**, 153.
46) Arch. f. Schiffs- u. Tropenhyg. **10**, 62.
47) Arch. f. Hyg. **47**, 274.
48) Virch. Arch. **140**, 127.
49) Ebenda, S. 129.
50) Arch. f. Hyg. **20**, 350.
51) Arch. f. Hyg. **20**, 360.
52) Arch. f. Hyg. **29**, 33.
53) Arch. f. Hyg. **26**, 54.
54) Grundzüge der Tropenhygiene, Berlin 1900, S. 41.
55) Virchows Arch. **140**, 148.
56) Rubner, Arch. f. Hyg. **38**, 125.
57) Däubler, Grundzüge der Tropenhygiene. 2. Aufl., Berlin 1900, S. 70/71.

See- und Landklima.

Die Temperaturverhältnisse eines Gebietes sind keineswegs allein von der Größe der Wärmeeinstrahlung, sondern im hohen Maße von der Erwärmung der Unterlage abhängig. Da, wie schon im Kapitel „Luft" erörtert, das Wasser viel Wärme benötigt, um auf eine bestimmte Temperatur gebracht zu werden, also eine hohe, der Erdboden dagegen eine niedere spezifische Wärme besitzt, so erhellt, daß bei starker Wärmeeinstrahlung die Luft über dem Lande sich mehr erwärmen muß, als über dem Meere. Im Sommer ist also das Seeklima kühler, das Landklima heißer. Umgekehrt wird das Meer zur kalten Jahreszeit nicht so stark abgekühlt als das Land. Die geringe Wärmeleitungsfähigkeit des Erdbodens verursacht, daß sich der Boden nur in den oberen Schichten erwärmt und daher in kurzer Zeit seine Wärme wieder abgibt, während das abgekühlte Wasser als spezifisch schwerer niedersinkt und immer wieder wärmere Wassermassen an die Oberfläche gelangen läßt. Wegen der steten Bewegtheit der Luft reicht dieser Einfluß des Meeres weit über die Küste landeinwärts, so

daß sich erst in einer größeren Entfernung jener Typus in voller Entfaltung vorfindet, den wir als Kontinentalklima dem See-, Insel- und Küstenklima entgegenstellen.

Zahlenmäßig kommt der ausgleichende Einfluß des Meeres am deutlichsten in der Größe der Jahresschwankung der Temperatur zum Ausdruck. Das beste Beispiel dürften die Mitteltemperaturen ergeben, welche Hann für einige Orte des 52. Grades nördlicher Breite in Europa und Asien zusammenstellte. Wenn wir vom Westen Europas (Valentia an der Südwestküste Irlands), östlich über Rußland (Warschau, Kursk, Orenburg), nach Westsibirien vorschreiten, kommen wir aus dem Seeklima von Valentia immer mehr in das extrem kontinentale Klima Asiens [1].

Wir geben hier die Seite 425 gebrachte Tabelle nochmals wieder und bemerken, daß in dem letzten Stabe die Temperaturdifferenzen zwischen Valentia und Westsibirien mit verschiedenen Vorzeichen, je nachdem, ob die Temperatur des Landes zu niedrig oder zu hoch ist, eingetragen wurde.

	Valentia 10,3° westl. v. Greenwich	Westdeutschland 7,2° östl. v. Greenwich	Warschau 21,0° östl. v. Greenwich	Kursk 36,2° östl. v. Greenwich	Orenburg 55,1° östl. v. Greenwich	Westsibirien 80,2° östl. v. Greenwich	Temperaturdifferenzen zwischen Valentia und Westsibirien
Januar	6,8	1,1	— 4,3	— 9,9	— 15,4	— 17,5	— 24,3
Juli	14,6	17,3	18,5	19,3	21,6	22,6	+ 8
Jahr	10,1	9,0	7,2	5,2	3,3	2,9	— 7,2
Schwankung	7,8	16,2	22,8	29,2	37,0	40,1	32,7

Aus den Zahlen erhellt, daß mit zunehmender Entfernung vom Meere

1. die Jahresschwankung steigt,
2. die mittleren Jahrestemperaturen absinken,
3. die Julitemperaturen ansteigen,
4. die Januartemperaturen absinken.

Da die Erniedrigung der Wintertemperatur die Erhöhung der Sommerwärme weitaus übertrifft, folgt die Erniedrigung der mittleren Jahrestemperatur als Folge der wärmespeichernden Wirkung des Wassers, welche in dem gegebenen Beispiele allerdings auch durch den warmen Golfstrom unterstützt wird.

Einen noch größeren Gegensatz stellen die Faröerinseln und das unter dem gleichen (62°) Breitengrade in Ostsibirien gelegene Jakutsk dar. Die beiden Orte zeigen im Januar einen Unterschied von über 46°.

Für Deutschland verdanken wir Kremser [2] sehr lehrreiche Zahlen. „Auf dem Wege von der Nordseeküste ostwärts zur russischen Grenze in gleicher Breite nimmt die Temperatur im Jahresdurchschnitt von über 8° bis fast auf 6°, also um 2° ab, im Januarmittel von + 2° auf — 4°, also sogar um 6°. Im Sommer aber ist es in der Nähe des Meeres kühler und so sinkt die Julitemperatur der Niederungen auf dem Wege vom Binnenlande zur Küste von etwa 19° auf 16°.

Infolge der höheren Temperatur des Winters und der tieferen des Sommers ist die Jahresschwankung in der Nähe des Meeres gering, sie wächst mit zunehmender Kontinentalität. Der Unterschied der Temperatur des wärmsten und kältesten Monats beträgt, wie aus den obigen Zahlen

hervorgeht, an der Nordsee kaum 15°, im äußersten Binnenlande aber 23°. Noch ausgesprochener zeigt sich der moderierende Einfluß des Meeres — am meisten am offenen Meere, aber auch an der Ostsee — in den extremen Werten der Temperatur und vor allem beim Minimum:

	An der Nordsee	An der mittleren Ostsee	Im mittleren deutschen Flachlande	Im äußersten Binnenlande bis zu
Die höchsten Temperaturen	27	29	32	33
Die tiefsten Temperaturen	—8	—13	—17	—22
Die Gesamtschwankungen	35	42	49	55

Am stärksten endlich ist der Gegensatz bei den absolut höchsten Hitze- und Kältegraden, die überhaupt je beobachtet wurden; da hierbei der Zufall sehr mitspielt, eignen sie sich nicht zu Vergleichungen, doch sei erwähnt, daß als absolutes Maximum auf Helgoland 31°, im äußersten Binnenlande 38°, als absolutes Minimum auf Helgoland —11°, im äußersten Binnenlande —36° beobachtet sind, die absolute Temperaturschwankung also dort 42°, hier aber 74° betragen kann."

Ähnlich abgeschwächt ist die Tagesschwankung im Seeklima. In Valentia ist die tägliche periodische Temperaturschwankung im Januar 1,2° im Juni 4,1° C, für das unter gleicher Breite liegende kontinentale Irkutsk in Sibirien sind die analogen Zahlen 5,7 (Dezember) und 14,1 (Juni) [3].

Auch in Deutschland macht sich die Abstumpfung der Tagesschwankung sehr bemerkbar, wie die folgende, Kremsers Abhandlung entlehnte Tabelle beweist.

	An der Nordsee	An der mittleren Ostsee	Im mittleren deutschen Flachlande	Im äußersten Binnenlande
Im Jahre	5° C	$6^1/_2$° C	7° C	$8^1/_2$° C
Im Januar . . .	$3^1/_2$° C	$4^1/_2$° C	5° C	6° C
Im Juli	6° C	$8^1/_2$° C	$9^1/_2$° C	$10^1/_2$ C

Für Helgoland gibt Wohlberg [4] den täglichen Unterschied zwischen Temperaturmaximum und Minimum im Jahresdurchschnitt mit 4,6° an, während die analoge Zahl für Berlin 7,4° C ausmacht. Sehr gering sind auch auf Helgoland die Schwankungen der Temperatur von einem Tage zum folgenden. Sie betragen durchschnittlich im

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1,38	1,19	1,03	1,0	1,14	1,29	1,21	1,01	0,87	1,08	1,22	1,41°

im Jahresdurchschnitt = 1,14°. Der letztere Wert nähert sich dem von Neapel (1,0), das in Europa die geringste Temperaturveränderlichkeit von einem Tag zum andern aufweist. Die größten Veränderungen weist das kontinentale Westsibirien mit 3,0 und Zentralamerika mit $3^1/_2$° C auf. Nach Kremser beträgt in Deutschland der mittlere Betrag der Veränderungen von Tag zu Tag im Jahresdurchschnitt an der Nordsee $1^1/_4$° C, an der mittleren Ostsee $1^1/_2$, im deutschen Tieflande $1^3/_4$, im äußersten Binnenlande 2°.

Es ist einleuchtend, daß wegen dieser Verhältnisse auch die Zahl der Hitze- sowie der Frosttage von der Küste landeinwärts zunimmt. Wenn man als Hitzetage jene Tage rechnet, an welchen die Temperatur 25° oder darüber beträgt und als Frosttage jene Tage bezeichnet, an denen die Tem-

peratur unter den Nullpunkt absinkt, so erhält man im Jahresdurchschnitt (Kremser):

	An der Nordseeküste	An der mittleren Ostsee	Im mittleren deutschen Flachlande	Im äußersten Binnenlande
Hitzetage	10	20	30	40—50
Frosttage	60	90	70—120	130—140

Ein Beispiel, wie nahe infolge lokaler Verhältnisse ein Klima kontinentalen Charakters an die Küste rücken kann, gibt Woeikof [5]. Die östliche Küste des Adriatischen Meeres wird durch einen höheren Gebirgszug (Vellebit) vom Binnenlande getrennt. Kaum 25 Kilometer vom Meere entfernt liegt Gospic in einer Mulde (Doline). Südlich von diesem Orte, ungleich weiter vom Meere entfernt, befindet sich die Stadt Knin, jedoch für die Seeluft durch das Tal der Kerka zugänglich. Die mittleren Januartemperaturen betragen für Gospic (560 m über dem Meere) —2,5, für Knin (350 m über dem Meere) +3,2. Nach Höhe und Breite sollte Knin höchstens um 2° wärmer sein, während die Differenz 5,7° C beträgt.

Im kontinentalen Klima fällt das Maximum der Erwärmung auf den Juli, das Minimum auf den Januar; im Seeklima sind die Zeiten verschoben, so daß z. B. auf kleineren Inseln August und Februar die extremsten Monate sind. An der Nordsee sind Juli und August, andererseits Januar und Februar gleichwertig. Das Seeklima hat, da auch die Übergangszeiten verzögert sind, kühle Frühjahre und wärmere Herbste.

Beiläufig sei hier bemerkt, daß, wie Woeikof [6] ausgeführt hat, auch die Schneedecke infolge des Wärmeverbrauchs durch die Schneeschmelze das Frühjahr kälter macht, so daß ähnlich wie im Seeklima im schneereichen Kontinentalklima der Herbst wärmer ist als das Frühjahr. Die Winterkälte wird überdies durch die Wärmereflexion der Schneedecke erhöht, wodurch sich wiederum die jährliche Wärmeschwankung steigert.

Umgekehrt wie die Wärmeschwankung verhält sich der Gehalt der Luft an Wasserdampf, die Bewölkung und die Regenmenge. Während an der Nordsee im Juli die relative Feuchtigkeit rund 80 Proz. beträgt, sinkt sie in Sibirien auf 45—50 Proz. Doch erfolgt die Abnahme nur langsam, da auch der durch die Niederschläge befeuchtete Erdboden den gegen das Innere der Kontinente webenden Winden neuerdings durch Verdunstung Gelegenheit zur Wasserdampfaufnahme gewährt und demnach das gleiche ozeanische Wasser, abzüglich des oberflächlich abfließenden mehrfach als Niederschlag zu Boden fallen kann. Im Innern von Deutschland ist im Juli die mittlere relative Feuchtigkeit ca. 65 Proz. Im Winter ist der Unterschied noch mehr ausgeprägt. Die Bewölkung beträgt in Nordwesteuropa im Durchschnitt 68 Proz. (der maximalen Himmelsbedeckung), am Aralsee sinkt sie auf 40 Proz., in Westturkestan auf 35 Proz. In Wien beträgt sie im Jahresmittel 58 Proz. Noch größer sind die Unterschiede in den Niederschlagsmengen, die an der Nordseeküste mehr als 700 mm betragen, im deutschen Binnenlande selbst unter 500 mm sinken. Der jährliche Niederschlag im Süden des Aralsees (Nukuß) beträgt nur mehr 70 mm. Auch hinsichtlich der Zeit der Niederschläge macht sich ein Unterschied bemerkbar. In Deutschland haben die Nordwestküsten die meisten Niederschläge im Herbst und Winter, die Binnenländer im Frühjahre (Süden) oder im

Sommer (Norden). Die Zahl der Regentage nimmt von 200 pro Jahr auf 150 im Südosten ab.

Bewölkung und Niederschlag hängt neben der Beziehung zum Meere auch von der geographischen Lage ab. Während an der Nordsee der Winter vorwiegend trüb und regnerisch ist, konnte Franken [7] an der Riviera in Mentone als Mittel seiner durch 17 Winter fortgesetzten Beobachtungen rund 75 Proz. sonnige Tage und sehr wenig Regen feststellen.

Über die See- und Landwinde und deren Entstehung siehe „Atmosphäre", S. 461. Die nicht periodischen Winde verhalten sich nach der Lage eines Ortes zu den großen Aktionszentren der Atmosphäre im hohen Grade verschieden. Während die Nordsee in jedem Monate, besonders aber von Oktober bis Dezember mehr oder weniger von Stürmen gepeitscht wird [8], ist, wie beistehende Tabelle zeigt, im äpyptischen Anteile des Mittelmeeres alle drei Jahre ein Wintersturm, im Tyrrhenischen Meer ca. alle 17 Jahre ein Herbststurm zu erwarten, während im Sommer sowohl das Tyrrhenische wie das ägyptische Meer überhaupt sturmfrei sind.

Zahl der Stürme im Mittelmeere [9] in absoluten Zahlen pro Jahr (Mittelwerte von 17 Jahren).

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Westlicher Teil	2,88	1,41	0,24	0,53
Tyrrhenisches Meer	0,71	0,12	0,00	0,06
Jonisches Meer	1,94	0,71	0,06	0,24
Ägyptisches Meer	0,29	0,12	0,00	0,12

Daß die sturmfreie Zeit nicht etwa von mehr oder weniger heftigen Winden ausgefüllt ist, zeigt folgende Tabelle der absoluten Windstille (Meeres- und Luftruhe).

Zahl der Windstillen im Mittelmeer in absoluten Zahlen pro Jahr (Mittelwerte von 17 Jahren).

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Westlicher Teil	24,6	35,0	50,8	32,8
Tyrrhenisches Meer	7,8	13,5	22,3	15,9
Jonisches Meer	8,1	19,2	19,0	19,4
Ägyptisches Meer	7,4	11,4	7,0	10,6

Zur Charakteristik des Seeklimas gehört die Reinheit seiner Luft hinsichtlich Staub und Mikroorganismen. Hiller erwähnt für Sylt, daß in der Wohnung trotz geöffnetem Fenster sich kein Staub ansammle und Hut und Kleiderbürste fast entbehrlich seien [10]. Mit dem Aitkenschen Zählapparate wurde auch ziffernmäßig die Reinheit der vom Meere kommenden Luft, im Gegensatze zur Landluft, erhoben. Auf dem Ben Nevis in Schottland fand Aitken in der Luft vom Atlantischen Ozean nur 72 Staubteilchen im cm^3 [11]. Auf demselben Beobachtungsorte wurden auch von Angus Rankin viele Messungen gemacht [12]. In der Luft des Landes, besonders der Städte, sind ganz außerordentliche Zahlen mit dem Apparate von Aitken gefunden worden. So für Victoria Street in London 140000 bzw. 100000, für Glasgow im Winter 470000 usw. Vgl. auch dieses Hndb. S. 505.

Über den Bakteriengehalt der Seeluft berichten Fischer [13], Miner-

vini [14], Roster Giorgio, Flemming [15]. Im wesentlichen stimmen die Ergebnisse dahin überein, daß die Luft über dem Meere in einiger Entfernung von der Küste sehr keimarm, ja sogar häufig keimfrei ist. Gelegentlich wurden allerdings selbst in großen Entfernungen (z. B. von Flemming 400 Seemeilen vom Lande), entwicklungsfähige Keime gefunden. Nach dem gleichen Autor betrug die Keimzahl bei einer Entfernung von 100 Seemeilen zum nächstgelegenen Lande 0,25, darüber hinaus 0,036 Keime pro Kubikmeter. Miquel und Moreau fanden ähnliches. In einer Entfernung von weniger als 100 Kilometer waren auf dem Atlantischen Ozean 1,8, in größeren Entfernungen 0,6 Keime pro Kubikmeter [16]. Vgl. auch dieses Handb. S. 412.

Der Seeluft wird vielfach ein Gehalt an Salzen, besonders an Chlornatrium, Brom und Jodsalzen nachgerühmt. Da diese Körper nicht flüchtig sind, können sie nur in die Luft übergehen, indem sich durch den Wellenschlag feine Bläschen und Tröpfchen bilden, welche je nach der Bewegtheit der Luft mehr oder minder lang schweben und auch landeinwärts getragen werden können [17]. Daher ist auch an der Küste die Luft salzfrei, wenn der Landwind weht [18, 19], während sich der Salzgehalt bei Seewind mit zunehmendem Wellenschlage erhöht [20]. Auf Schiffen wird der Salzgehalt selbst bei leichtem Seegange durch den Geschmack empfunden. Demnach unterliegt der Salzgehalt der Seeluft starken Schwankungen und die von Verhaege [21] in 2000 l aufgefundene Menge von 0,2 g Kochsalz stellt nur ein Beispiel dar. Da der Gehalt an Bromsalzen unvergleichlich niedriger sein muß, ist es unwahrscheinlich, daß durch denselben der menschliche Organismus, wie Paull [22] annimmt, eine Einwirkung im Sinne einer Beruhigung des Nervensystems erfährt.

A. Loewy, Franz Müller, W. Cronheim, A. Bornstein [23] schätzen nach ihren Titrierversuchen mit $^1/_{10}$ n-Silbernitratlösungen, durch welche sie, allerdings nur kleine, Luftmengen leiteten, den Kochsalzgehalt sehr gering ein, so daß er praktisch nicht in Betracht kommt. Den salzigen Geschmack der Luft an der Küste schreiben sie aufgewirbelten, mit Salzteilchen beladenen Sandkörnchen zu.

Über die physiologische Einwirkung des Seeklimas finden sich zahlreiche Angaben, denen jedoch zumeist jede experimentelle Grundlage und demnach die Beweiskraft mangelt. Über die Beeinflussung des Gaswechsels haben nach der Zuntz-Geppertschen Methode A. Loewy und Franz Müller [24] auf Sylt an 3 Personen Versuche angestellt. Durch den Vergleich mit den in Berlin knapp vor der Abreise gewonnenen Zahlen für Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureabgabe ergab sich jedoch kein einheitliches Resultat. Während eine Versuchsperson (Müller) eine mit dem Seeaufenthalte sogleich eintretende und während des Aufenthaltes andauernde Steigerung des Gaswechsels aufwies, zeigte eine andere (Frau Müller) keine nennenswerte Beeinflussung. Loewy selbst hatte in den ersten Tagen eine Steigerung, welche jedoch nicht anhielt. Inwieweit die Reise und andere außerhalb des Seeklimas liegende Umstände bei den Ergebnissen mitgewirkt haben, ist schwierig zu sagen.

Auch die neuen Versuche von A. Loewy, Franz Müller, W. Cronheim, A. Bornstein enthalten vorwiegend negative Ergebnisse. In Stoffwechselversuchen zeigte sich, daß bei keinem der Teilnehmer in einer merkbaren Weise der Nutzwert der Nahrung unter dem Einflusse des Seeklimas (Nordsee) gegenüber Berlin und Göttingen verändert war. Die Dif-

ferenzen in der Kalorienausnutzung waren so gering wie jene, welche wir zwischen den einzelnen Abschnitten eines Stoffwechselversuchs normal finden. Auch die Fettaufnahme aus dem Darme wurde nicht beeinflußt. Das gleiche gilt für die Ausnutzung stickstoffhaltiger Substanzen und für den Eiweißzerfall.

Der Gaswechsel wurde wie in den früheren Versuchen von A. Loewy und Müller nach der Zuntz-Geppertschen Methode geprüft. In den ersten Tagen schien der Sauerstoffverbrauch im Sinne einer Verminderung beeinflußt. Nach zwei- bis dreiwöchentlichem Aufenthalt kehrten die Zahlen jedoch zur Norm zurück. Auf das beobachtete Absinken des respiratorischen Quotienten legen die Verfasser Gewicht. Indes hat man nach den Tabellen den Eindruck, daß dieses Absinken, solange ausschließlich das Seeklima für die Versuchspersonen in Betracht kam und nicht auch Seebäder genommen wurden, so geringfügig ist, daß ohne sehr große Zahlenreihen und weitere Nachuntersuchungen Schlüsse noch nicht gezogen werden sollten. Nach den Ergebnissen einiger Versuche an Hunden war die Blutbildung nicht nachweisbar gegenüber den Berliner Kontrolltieren beeinflußt. Auch die Pulsfrequenz, wenigstens morgens vor dem Aufstehen, wies keine Unterschiede gegenüber Berlin auf; ob die während des Seeaufenthaltes beobachtete übrigens nicht bedeutende Pulserhöhung wirklich dem Seeklima als solchem und nicht der erregenden Wirkung des fast stetigen Windes an der Nordsee, dem Einflusse der Seebäder zuzuschreiben ist, müßten wohl Kontrollversuche an stilleren Küsten lehren.

Anläßlich einer Seefahrt nach den Kanarischen Inseln hat Durig gemeinsam mit Zuntz Versuche angestellt. Die Ergebnisse sind negativ.

	Kal. pro Quadratmeter und Minute	
	Zuntz	Durig
Berlin	0,534	0,553
Wien	—	0,537
Golf von Biscaya . . .	0,538	0,538
Golf von Coruña . . .	0,568	0,554
Bucht von Vigo . . .	0,545	0,551
Lissabon	0,552	—
30° Breite	0,544	0,541

Die Werte für den Erhaltungsumsatz blieben auf dem Schiffe, im Golfe von Biscaya, vor Lissabon und an der Westküste Afrikas die gleichen wie in Wien und Berlin [24 b].

Häufig angeführt werden die Versuche von Beneke und Bouchard [25], wonach die Seeluft die Harnstoffausscheidung bei gleichzeitiger Verminderung der Harnsäure vermehren soll.

Die theoretischen Auseinandersetzungen, welche Ide [26] dem Seeklima widmet, können, da seine Annahme eines höheren Sauerstoffgehaltes der Luft der tatsächlichen Grundlage entbehrt, hier übergangen werden. Auch der hohe Luftdruck an der See, den Lehrbücher der Balneologie [27] immer wieder als ein klimatisches Agens betonen, kommt dem Seeklima nicht öfter zu als dem Binnenklima der Tiefebene. Ob das Fehlen von Kropf und Kretinismus bei den Bewohnern der Meeresküsten [28] dem Einfluß des Meeres zugeschrieben werden muß, ist eine offene Frage; jedenfalls könnte man auch an die leichter zugängliche Fleischnahrung (Fische) denken.

Dem Seeklima wird bei Tuberkulose eine Heilwirkung zugeschrieben, insbesondere werden Seereisen empfohlen [29] oder die Errichtung schwimmender Sanatorien gefordert [30]. Doch dürfte nur bei beginnender Phthise ein günstiger Erfolg wohl auch unterstützt durch gute Ernährung, Ausfall der Sorgen des Berufslebens zu gewärtigen sein [31]. Daß Tuberkulose unter den Seeleuten der nördlichen Normandie und der Bretagne häufig ist, erwähnt Leyden [32].

Literatur:

1) Hann, Handb. d. Klimat., 3. Aufl., **1**, 133.
2) Deutsches Bäderbuch, bearbeitet unter Mitwirkung des Kaiserl. Gesundheitsamtes, Leipzig 1907, S. XCIII.
3) Hann, l. c., S. 141.
4) Berl. klin. Woch. 1906, **38**, 1262.
5) Klimat. der Erde **2**, 152, Jena 1887.
6) Met. Ztschr. 1894, S. 2.
7) Ztschr. f. diät. u. physik. Therapie **11**, 735.
8) Wohlberg, Berl. klin. Wochenschr. 1906, **38**, 1265.
9) Hermann Paull, Ztschr. f. diät. u. phys. Therapie **10**, 415.
10) Ztschr. f. klin. Med. 1890, Suppl. d. 12. Bd., 288.
11) Svante Arrhenius, Lehrb. d. kosm. Phys., Leipzig 1903, S. 489; Aitken, Nature **41**, 394; Transact. of the Royal Soc. of Edinburgh **35**, 1; Proc. Roy. Soc. Edinburgh **16**, 135.
12) Nature, **45** 582.
13) Ztschr. f. Hyg. **1**, 421 u. **17**, 185.
14) Ebenda **35**, 165 mit vielen Literaturangaben.
15) Ebenda **58**, 345.
16) Zitiert nach Minervini, Ztschr. f. Hyg. **35**, 166.
17) Kruse, Balneolog. Zentralbl., 2. Jahrg., Nr. 18.
18) Hiller, Ztschr. f. klin. Med. **17**, 1890, Suppl.
19) Lindemann, Das Seeklima, Leipzig 1893, zit. nach Glax, Balneotherapie, **1**, 341.
20) Paull, Ztschr. f. diät. u. phys. Therapie **10**, 408.
21) Zit. nach Hann, Handb. d. Klimatologie, 3. Aufl., **1**, 584.
22) l. c., S. 408.
23) Ztschr. f. exp. Path. u. Therapie 1910, **7**, auch als Separatabdruck. Berlin 1910, bei Hirschwald.
24) Pflügers Arch. **103**, 450.
24b) Wien. klin. Wochenschr. 1911, Nr. 18, S. 621.
25) Traité d'Hygiène, Tom I, Atmosphère et Climats par Courmont et Lesieur 1906, S. 97.
26) Ztschr. f. phys. Therapie **9**, 189; Zentralbl. f. d. ges. Therapie 1906, Heft 7.
27) Glax, Lehrb. d. Balneotherapie **1**, 382/83.
28) Monatsschrift f. Gesundheitspflege 1898, **16**, 63.
29) Glax, Ztschr. f. Thalassotherapie 1909, **2**.
30) Bassenge, Ztschr. f. Balneol. 1908, S. 465.
31) Klein, Münchn. med. W. 1898, **30**, 968.
32) Arch. f. Schiffs- u. Tropenhyg. 1907, **11**, 161.

Das Waldklima.

Die schroffen Temperaturgegensätze des kontinentalen Klimas werden dort verändert, wo eine reiche Waldvegetation vorhanden ist. Man ist daher beim Bestande ausgedehnter Wälder berechtigt, von einem Waldklima zu sprechen.

In erster Linie schwächen die Baumkronen durch Beschattung die auf vegetationslosen Flächen hohe Erwärmung des Bodens ab. Außerdem wird durch die große Oberfläche der Blätter Wärme in größtem Maßstabe abgestrahlt, zu welchem Wärmeverlust noch die Wärmeabgabe durch die starke Wasserverdunstung durch die Blätter sich gesellt. Diese Vorgänge bewirken,

daß nicht nur die Luft des Waldes selbst, sondern auch die Luft der näheren Umgebung eine Herabsetzung ihrer Temperatur erfährt. Aus dem Dargelegten ist klar, daß der Einfluß im Sommer bei voller Belaubung ein höherer ist als im Winter, wie dies Ebermayer [1] und später Schubert [2] durch zahlreiche Messungen erwiesen haben. Nach Ebermayer war die Luft im großen Durchschnitte im Walde am Tage um 1,68° kälter als auf dem freien Felde. Noch größer waren die Unterschiede der Temperatur des Waldbodens, der um 3,22° unter jene des nicht bewaldeten Bodens fiel. Wegen des starken Wärmeverlustes durch Strahlung ist auch nachts der Wald kühler als das freie Feld. Noch größere Unterschiede bestehen zwischen Wald und Feld in den heißen Zonen.

Auch hinsichtlich der Feuchtigkeit unterscheidet sich das Waldklima von jenem baumloser Gebiete. Nach Ebermayer ist die absolute Feuchtigkeit nicht erhöht. Da aber die Temperatur der Luft im Walde niedriger ist, muß die relative Feuchtigkeit ansteigen. Im Mittel aller forstlich meteorologischen Stationen in Bayern war die Feuchtigkeit im Frühling um 5,7 Proz., im Sommer um 9,3 Proz., im Herbst und Winter um 5,2 Proz. größer als im unbewaldeten Terrain [3]. Da die Verdunstungsgröße hierdurch sich verringert, andererseits die Bäume bei Nebel und besonders bei Rauhfrost Wasser reichlicher zugeführt erhalten, wirken die Wälder im Sinne einer Ansammlung meteorischer Wässer. Der Waldboden bewahrt die Niederschlagswässer der Sturzregen vor einem zu raschen Abfließen, verhütet so Hochwasserkatastrophen und speist durch die geregelte Wasserabgabe auch in niederschlagsarmen Zeiten Quellen und Bäche. Dieser regulierenden Wirkung kommt demnach für die sozialen und hygienischen Verhältnisse eines Landes eine große Bedeutung zu und motiviert die energischen Bestrebungen, die Wälder zu schonen und Aufforstungen durchzuführen.

Entgegen einer verbreiteten Meinung unterscheidet sich die Waldluft in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht von der Luft des Feldes. Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt ist sicher gleich. Wenn man beim Eintritt in den Wald die Luft erfrischend empfindet, so ist dies der niederen Temperatur zuzuschreiben. Auch der angenehme Harzgeruch in Nadelholzwäldern, besonders bei starker Insolation, regt die Atmung an. Zudem ist die Luft wegen der Durchfeuchtung des Bodens und der verminderten Bewegtheit meist keimarm und staubfrei. Die günstigen Eigenschaften des Waldklimas suchen therapeutisch die Waldsanatorien und Walderholungsstätten, insbesondere für tuberkulöse Kranke zu verwerten. Auch die Waldschulen, wie sie Charlottenburg, Dresden, Mühlhausen und andere Städte errichtet haben, erfreuen sich steigender Inanspruchnahme [4].

Literatur:

1) Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden **1**, 87, Berlin 1873.
2) Vgl. auch Schubert, Met. Ztschr. 1895, S. 509 und ebenda 1898, S. 134.
3) Ztschr. d. öst. Ges. f. Met. 1873, 8, 253.
4) Pfeiffer, Th. in Prausnitz Atlas und Lehrbuch der Hygiene 1909, S. 505 u. S. 531. Ztschr. f. Schulgesundheitspflege 1905, S. 604, ebenda 1906, S. 226; Lennhoffs Referat über Walderholungsstätten. Viertelj. f. öff. Gesundheitspflege 1907, S. 71.

Das Wüstenklima.

Therapeutisch wird auch das Wüstenklima verwertet. Es ist charakterisiert durch große Trockenheit, hohe Luftwärme am Tage, meist niedrige

Nachttemperatur und das fast vollständige Fehlen von Niederschlägen. Wegen der mangelnden Vegetation ist die gelegentlich stark bewegte Luft arm an Keimen. Die große Trockenheit der Luft, welche in Assuan in Ägypten, dem südlich von Luxor gelegenen Kurorte für Nierenkranke im Januar zur Mittagszeit gelegentlich eine relative Feuchtigkeit von nur 10 Proz. aufweist, fördert die Verdunstung durch die Haut und vermindert die Diurese. Infolge des nächtlichen Temperaturabfalles und der Bewegtheit der Luft wirkt das Klima nicht erschlaffend [1].

Über Temperatur, relative Feuchtigkeit von Wadi Halfa, südlich von Assuan 21° 55′ n. Br. geben folgende aus 10 Jahren Beobachtungszeit (1891 bis 1900) gebildeten Werte Aufschluß [2]:

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
Temperaturmittel:	15,2	17,0	21,0	26,9	31,0	32,6
Rel. Feuchtigkeit: 9a	42	39	30	23	17	20
„ „ 9p	44	36	30	24	19	22

	Juli	August	Sept.	Oktober	November	Dezember
Temperaturmittel:	32,5	32,2	30,4	28,1	21,6	17,2
Rel. Feuchtigkeit: 9a	23	31	35	37	41	45
„ „ 9p	30	34	38	40	43	45

Während des ganzen Dezenniums fielen nur an 22 Tagen Regentropfen, die jedoch so wenig Niederschlag brachten, daß Messungen der Regenhöhe nicht möglich waren. 10 dieser „Regentage“ fielen auf die Monate Februar und Mai. Es gibt übrigens auch in der großen Sahara Berggruppen, auf denen die Regen verhältnismäßig reichlich sind [3].

Literatur:

1) Engel, Fr., Das Winterklima Ägyptens, Berlin 1903; Kirchner, M., Über das Winterklima und einige hygienische Einrichtungen Ägyptens. Berl. klin. W. 1906, **11**, 12; Engel, H., Über Ägyptens Kurorte und Indikationen. Z. f. diät. u. phys. Therapie **9**, 385; Göbel, Wie lebt man in Ägypten? Münchn. med. W. 1903, **52**, 2299; H. Strauß, Klima und Nierenkrankheiten. Deutsche med. W. 1908, **48**.
2) Z. f. Meteorologie 1904, **39**, 285.
3) Woeikof, Klimate der Erde, II. Teil, Jena 1887, S. 97.

Das Höhenklima.

Wie im Kapitel Luftdruck ausgeführt, verringert sich mit zunehmender Höhe der Druck, den die Atmosphäre auf ihre Unterlage ausübt. Da die unteren Luftschichten demnach unter höherem Drucke stehen, sind sie dichter, spezifisch schwerer. Daher ist auch die Druckabnahme in den unteren Schichten rascher, in den oberen langsamer. Während im Meeresniveau schon eine Luftsäule von 11 m einer Quecksilbersäule von 1 mm das Gleichgewicht hält, vermag dies in einer Höhe von 3000 m erst eine Luftsäule von 15 m zu tun. Infolge der größeren Dichte ist auch der absolute Gehalt an den die Luft zusammensetzenden Gasen in tieferen Regionen größer als in der Höhe, ohne daß sich jedoch das relative Verhältnis der Gase wesentlich ändert. In der Volumeinheit ist demnach in der Höhe weniger Stickstoff und Sauerstoff vorhanden als in der Niederung. Gerade dieser Verringerung des absoluten Sauerstoffgehalts der Höhenluft kommt eine eminente hygienische Bedeutung zu.

Auch der Wasserdampfgehalt vermindert sich rasch. Da hauptsächlich

dieses Gas die Ursache ist, daß die auf die Erde kommenden Sonnenstrahlen in der Atmosphäre teilweise absorbiert werden, so nimmt mit der Erhebung die Stärke des Sonnenscheins zu. Die Absorption ist aber nicht für alle Strahlengattungen des Sonnenlichtes gleich. Am meisten werden die ultravioletten, am wenigsten die ultraroten geschwächt. Daher ist das Hochgebirge so reich an ultravioletten, chemisch wirksamen Strahlen. Die hohe Intensität der Sonnenstrahlung ermöglicht selbst bei niedrigen Lufttemperaturen den Aufenthalt im Freien ohne wärmende Überkleider. Die Unterschiede zwischen den Ablesungen eines Schwarzkugelthermometers, welches den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist und eines unbesonnten Thermometers sind, wie die von Hann [1] zitierten Messungen von Frankland ergeben haben, sehr beträchtlich.

Ort	Seehöhe m	Thermometer im		
		Schatten	Sonne	Differenz
Oatland Park	46	30,0	41,5	11,5
Riffelberg	2570	24,5	45,5	21,0
Hörnli	2890	20,1	48,1	28,0
Gornergrat	3140	14,2	47,0	32,8
Whitby	20	32,2	37,8	5,6
Pontresina	1800	26,5	44,0	17,5
Bernina H.	2330	19,1	46,4	27,3
Diavolezza	2980	6,0	59,5	53,5

Auch die Ergebnisse absoluter Messungen, besonders mit dem von Angström [2] angegebenen Aktinometer haben die Zunahme der Intensität der Sonnenstrahlung bestätigt, wenngleich die Vergleichszahlen nicht den nach dem Gefühle erwarteten Werten entsprechen. Die Strahlungsintensität nimmt für 3,3 km Höhe um nur 20 Proz., also um $^1/_5$ zu.

Mit zunehmender Erhebung sinkt die Temperatur der Luft, welche sich wie jedes Gas bei abnehmendem Drucke abkühlt. Auf 100 m Höhe ist ein Temperaturabfall von etwa $0{,}4^0$ im Januar und $0{,}7^0$ im Frühsommer, im Mittel also etwa $0{,}6^0$ in Deutschland zu erwarten. Daraus ergibt sich für die 1600 m hohe Schneekoppe im Jahresmittel eine Temperatur von 0^0, gegen $+8^0$ der 150 m über dem Meere gelegenen schlesischen Ebene. Die Zugspitze (3000 m) hat ein Jahresmittel von -6^0 gegenüber 7^0 der 500 m über dem Meere gelegenen bayrischen Hochebene [3]. Die größere Temperaturabnahme im Sommer, die geringere im Winter verursacht kühlere Sommer und mildere Winter. Das Höhenklima ist daher auch ein gemäßigtes, ein limitiertes wie das Seeklima.

Es beträgt z. B. nach Kremser (loc. cit. Seite XCIV) für Deutschland im Durchschnitt:

	In der schlesischen Ebene (100—200 m)	Am Nordabhange des Riesengebirges (900 m)	Auf der Schneekoppe (1600 m)
Das Jahresmaximum . .	32^0	27^0	21^0
Das Jahresminimum . .	-18^0	-20^0	-21^0
Die Gesamtschwankung	50^0	47^0	42^0

Die Ursachen der verringerten Jahresamplitude sind beim Höhen- und Seeklima jedoch wesentlich andere. Während das Seeklima infolge der

physikalischen Eigenschaften des Wassers einer Unterlage entbehrt, welche sich rasch stärker erwärmt oder rasch abkühlt, ist zwar beim Höhenklima eine solche Unterlage durch den den Berg umgebenden Erdboden vorhanden, jedoch durch die große Entfernung in ihrer Wirksamkeit geschwächt. Immerhin empfängt auch der Berg den größten Teil seiner Wärme nicht durch die Absorption der Sonnenstrahlen, sondern durch die vom Erdboden durch Konvektion in die Höhe gebrachte Wärme, wie dies Trabert für den 3100 m hohen Sonnblick nachgewiesen hat. Aber diese Wärme braucht Zeit, um bis zur Höhe zu gelangen; demnach treten die Extreme verspätet auf, z. B.:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Sonnblick 3100 m	—12,8	**—15,7**	—12,4	—9,7	—3,9	—1,3	0,5	**0,7**	—2,4	—7,0	—8,4	—12,7
Schmittenhöhe 1960 m	—6,6	**—8,9**	—5,4	—1,3	5,1	7,6	8,6	**8,9**	5,5	—0,2	—2,0	—6,6
Kremsmünster 300 m	**—2,7**	—2,3	2,4	8,3	14,4	16,8	**18,3**	17,5	13,3	7,8	2,8	—1,4

In beiden Höhenstationen ist Februar und August der kälteste bzw. wärmste Monat, in Kremsmünster der Januar und Juli [4]. Der warme Herbst und das kalte Frühjahr sind ebenfalls durch diese Verzögerung zu erklären. Der verzögerte und abgeschwächte Wärmetransport vom Boden zum Höhenorte setzt voraus, daß dieser die Umgebung überrage. Es entwickelt sich also der geschilderte klimatische Typus nicht deshalb, weil ein Ort eine gewisse Seehöhe besitzt, sondern weil er höher als seine Umgebung ist. In der Hochebene ist das Klima demnach nicht limitiert, sondern weist im Gegenteil eine stärkere Jahresschwankung wegen der verstärkten Insolation auf.

Von der früher als gesetzmäßig geschilderten Temperaturabnahme mit zunehmender Höhe gibt es eine nicht selten, besonders im Winter bei stillem Wetter vorkommende Ausnahme, die man mit dem Namen der Temperaturumkehr belegt hat. Die Erscheinung, die insbesonders über Talkesseln beobachtet wird, ist auf die starke Abstrahlung des Erdbodens zurückzuführen, welche auch die unmittelbar auflagernde Luft abkühlt. In den höheren Luftschichten macht sich der Einfluß der Abstrahlung des Bodens nicht mehr bemerkbar und die Temperatur bleibt höher. Im Winter ist im Inntale diese Erscheinung häufig. Die Temperatur ist dann in Innsbruck niedriger als auf dem um 300 m höheren Mittelgebirge. Die besten Beispiele liefern die Ostalpen, namentlich die Gegend von Klagenfurt. Daselbst ist die Zunahme der Temperatur im Volke gut bekannt, wie aus dem Sprichworte entnommen werden kann: „Steigt man im Winter um einen Stock, so wird es wärmer um einen Rock“.

Daß nicht die Erhöhung der Wärmeeinstrahlung die Lufttemperatur in den höheren Schichten steigert, geht daraus hervor, daß häufig in der Nacht die Temperaturumkehr am besten ausgebildet ist. Bei auf ansteigendem Gelände liegenden Orten kann diese Erscheinung das Klima im vorteilhaftesten Sinne beeinflussen.

Treffliche Beispiele dieser Temperaturumkehr finden sich in Hanns Klimatologie I, 3. Aufl., S. 229.

Mittlere Temperaturen vom 16.—28. Dez. 1879.

	Seehöhe	7h	2h	9h	Mittel	Mittlere Bewölkung
Klagenfurt	440	—19,1	—13,0	—16,4	—16,2	3,2
Obirgipfel	2040	— 5,9	— 1,2	— 5,5	— 4,5	1,7
Ischl	467	—13,7	— 7,3	—13,0	—11,8	1,6
Schafberg	1176	— 0,1	+ 0,6	— 1,3	— 0,5	0,7

Der starken Kälte in Klagenfurt und Ischl stehen milde, auf der Schafbergspitze selbst über 0° sich erhebende Temperaturen gegenüber, während der Obir um mehr als 8°, die Schafbergspitze um mehr als $3^1/_2$° kälter sein sollten als Klagenfurt bzw. Ischl. Der größte Unterschied ist in den Morgenstunden vorhanden.

Die starke Sonnenstrahlung des Höhenklimas ist bereits erwähnt. In den Alpen ist die Bewölkung im Winter am geringsten, im Frühling und Sommer dagegen am größten. Demnach ist im Winter die Wärmeeinstrahlung am beträchtlichsten und bewirkt den klaren, heiteren Winterhimmel der hochalpinen Winterstationen, wie St. Moritz, Arosa, Davos u. a., welche überdies zu dieser Jahreszeit meist den Vorzug geringer Luftbewegung genießen.

Der Wasserdampfgehalt der Luft nimmt mit der Erhöhung rasch ab und beträgt bei 2000 m nur rund die Hälfte, bei 4000 m ein Viertel und bei 6000 m rund ein Zehntel des Wertes in Meereshöhe. Wenn die Luft durch ein saugendes Minimum angezogen, Gebirgsrücken überschreitet, kühlt sie sich aufsteigend ab, wobei ihr Wasserdampf entsprechend der Temperaturerniedrigung als Niederschlag ausgeschieden wird. Umgekehrt erwärmt sich die absteigende Luft, nachdem sie den Gebirgskamm übersetzt hat und wird relativ arm an Wasserdampf. Die Luvseite ist demnach niederschlagsreich, die Leeseite trocken. Bei Gebirgszügen, über welche wasserdampfreiche Winde vorwiegend aus derselben Richtung (z. B. vom Meere kommend), ziehen, können sich die größten klimatischen Unterschiede getrennt durch den Kamm vorfinden. Über die typischen Winde des Gebirges: Berg- und Talwinde, Föhn siehe „Atmosphäre", S. 462, 463.

Meist wird unter den Vorzügen der Höhenluft auch ihre große Reinheit und Keimarmut angegeben. In dieser Verallgemeinerung ist die Angabe unrichtig. In bewohnten Hochtälern kann es ungeachtet der Höhe zu bedeutender Staubentwicklung kommen und da der Staub auch aus faulfähigem organischen Materiale besteht, wird er zweifellos auch zahlreiche Mikroben bergen.

Die Luftreinheit gilt also nur für die freie Luft, wie sie bei Ballonversuchen gewonnen werden kann oder für das unbewohnte oder wenig bewohnte Steilgebirge. Aber selbst über dicht bewohnten Gebieten findet eine Abnahme der Keimzahl mit der Höhe meist rasch statt. So konnte Hesse [5] auf dem Rathausturme in Berlin in einer Höhe von 100 m nur 16, im Rathaushofe dagegen 44 Keime in je 20 Liter Luft durch die Kultur nachweisen. v. Freudenreich fand in 10000 Litern Luft [6]:

Berner Alpen, Höhe 2400 m	0,0 Keime
Col du Theodul, Höhe 3350 m	3,3 „
Aletschgletscher, Höhe 3000 m	10,0 „
Tunersee, Höhe 560 m	8,0 „
Hotel de Belvue am Tunersee	25,0 „

Aus neuerer Zeit stammen die Zählungen von Flemming [7], welche bei Ballonfahrten entnommene Luftproben betreffen. Frei von Keimen wurde die Luft nur viermal gefunden und zwar in einer Höhe von 750 m über Guben, von 2400 und 2600 m über dem Erzgebirge und von 2600 m über dem Hochlande von Lodz in Rußland. Andererseits erhoben sich Mikroben in die bedeutenden Höhen von 4100 m, womit auch die Erfahrungen von Belli [8] stimmen, der aus dem Schmelzwasser von Hagelkörnern, deren Entstehung die Meteorologen in beträchtliche Höhen verlegen, Mikroorganismen züchten konnte. In Höhen bis zu 500 m fand Flemming im Durchschnitte 12,9 Keime, in Höhen über 500 m 0,37 Keime pro Liter. Während in den unteren Regionen der Keimgehalt sprunghaft abnahm oder wuchs, bleibt er über 500 m recht konstant. Nur an der unteren Grenze der Wolken zeigt sich meist eine starke Zunahme der Keimzahl.

Flemming hat auch festgestellt, daß in hohen Luftschichten mäusepathogene Keime sich finden.

Über den Keimgehalt höherer Luftschichten siehe weiter Christiani [9] und in diesem Handbuche das Kapitel: Die Verbreitung der Keime in der Atmosphäre Seite 412.

Physiologische Einwirkung des Höhenklimas.

Die meteorologischen Besonderheiten und Vorzüge des Höhenklimas haben in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts Ärzte veranlaßt, Gesunden zur Erholung, Kranken zur Heilung einen Aufenthalt im Gebirge zu empfehlen. Nicht wenig trug ferner die Ausbreitung des Bergsports und die geweckte Erkenntnis von der Schönheit der Gebirgswelt dazu bei, daß alljährlich, früher ausschließlich zur warmen Jahreszeit, jetzt auch im Winter, ein noch zunehmender Fremdenstrom aus dem Flachlande den Bergländern zufließt.

Leider sind unsere Kenntnisse, inwieweit durch den Höhenaufenthalt unsere physiologischen Funktionen beeinflußt werden, noch sehr lückenhaft. Am unbestrittensten ist der Wert der hohen Lagen in den Tropen, wo diese selbst im äquatorialen Gürtel den Bewohnern ein Klima zu bieten vermögen, welches durch seine erheblichen täglichen Schwankungen in mancher Hinsicht die Vorzüge der gemäßigten Zonen aufweist und meist frei von Malaria ist.

Blutbefunde.

Eine der eingehendst studierten Fragen hinsichtlich der physiologischen Einwirkung des Höhenklimas auf den Organismus ist das Verhalten des Blutes in bezug auf die Zahl der roten Blutkörperchen und den Gehalt an Hämoglobin. Den Anstoß zu diesen Untersuchungen gab die Angabe Paul Berts [10], daß übersendete Blutproben von in La Paz in Mexiko (3700 m) getöteten Tieren (Hirsch, Lama, Schaf, Schwein) eine Absorptionskraft gegen Sauerstoff zeigten, welche jene von Kontrolltieren der Ebene

um mehr als ein Drittel übertraf. Paul Bert dachte sich diese Erscheinung als eine zweckmäßige, durch Generationen erworbene Anpassung. Schon vorher hatte dieser Autor in seinem klassischen Buche, La pression barométrique, die Vermutung ausgesprochen [11], daß die allmähliche Anpassung der Bewohner hochgelegener Gegenden an die Luftverdünnung, welche anfangs meist erhebliche Beschwerden verursache, möglicherweise durch die Vermehrung der Zahl der roten Blutkörperchen und der Hämoglobinmenge erfolge. Dadurch würde die Aufnahmefähigkeit des Blutes für den Sauerstoff erhöht und dem Organismus die notwendige Menge Oxygen zugeführt.

Viault [12] bestätigte anläßlich einer Expedition nach Peru die Befunde P. Berts und ergänzte sie durch die Angabe, daß das Lama der Höhe sich durch die ungewöhnlich große Zahl von 16 Millionen roten Blutkörperchen im Kubikmillimeter auszeichne. Auch an sich und seinem Begleiter fand er beim Aufstiege auf die Höhe von 4392 m in Marococha eine Erhöhung der Zahl der roten Blutkörperchen von 5 auf 8 Millionen. Auch bestätigte Viault [13] die verstärkte Sauerstoffabsorption des Tierblutes in der Höhe, welche er auf die Vergrößerung der hämoglobinhaltigen Flächen infolge der Vermehrung der roten Blutkörperchen zurückführte. Müntz [14] fand den Eisengehalt (40,3 : 70,7), die Sauerstoffabsorption (9,56 : 17,28), den Trockenrückstand (15,75 : 21,88 in 100 cm^3) und schließlich das spezifische Gewicht (1046,2 : 1060,1) des Blutes von Kaninchen, die 7 Jahre vorher auf den Pic du Midi (2877 m) ausgesetzt worden waren und sich vermehrt hatten, gegenüber den Werten der Tiere der Ebene erhöht. Auch im Experimente gelang es Regnard [15], welcher Meerschweinchen in Glocken mit einem verminderten Luftdrucke entsprechend 3600 m Höhe durch einen Monat hielt, eine Steigerung des Absorptionsvermögens des Blutes gegen Sauerstoff von 21 Vol.-Proz. gegen 14—17 Vol.-Proz. der Ebene zu erzielen. Diese Versuche fanden eine Ergänzung durch Sellier [16], der Wachteln einer sauerstoffarmen Atmosphäre (entsprechend 14 Proz. Sauerstoff) aussetzte und innerhalb 8 Tagen eine Vermehrung der roten Blutkörperchen um 230000 bis 900000 pro Kubikmillimeter feststellte. Hierbei sollen neben den normalen Erythrozyten kleinere Formen (eine auf 5—6 normale rote Blutkörperchen) aufgetreten sein. Daß diese Veränderung sehr rasch vor sich geht, fand Schröder [17] an Meerschweinchen, die er unter vermindertem Drucke in Glocken hielt. Schon der erste Versuchstag brachte eine Vermehrung von 775000 Erythrozyten. Nach 14 Tagen bei einer Druckverminderung von nur 90 mm betrug die Zunahme 14 Proz. Es schien damit der Beweis erbracht, daß auch verhältnismäßig geringe Druckerniedrigungen schon Veränderungen im Blute hervorbringen könnten.

Die für die Höhenkurorte bedeutsame Frage regte zu zahlreichen hinsichtlich Kritik und Methode nicht immer einwandfreien Nachuntersuchungen an, von denen hier nur die wichtigsten Erwähnung finden können.

Schon vor Schröder hatte Mischer bei seinen Schülern mit Rücksicht auf die Wichtigkeit der Frage für die Schweiz Untersuchungen angeregt. So fand Egger [18] in Arosa (1890 m) eine Erhöhung der Zahl der roten Blutkörperchen bis zu 16 Proz. bei Kranken und Gesunden, die sofort nach der Ankunft und dann während des Aufenthaltes untersucht wurden. Auch der Hämoglobingehalt nahm zu, jedoch blieb die Farbstoffzunahme hinter der Vermehrung der Körperchen zurück, was Egger den von ihm gesehenen „kleinen“ Blutkörperchen zuschreibt. Ähnliches sahen Karcher, Veillon und Suter [19] in einer Höhe von rund 1000 Metern in Champéry und Serneus; ja selbst bei der bescheidenen Höhendifferenz von 434 m (Basel-Langenbruck) vermuten sie eine Blutkörperchen-

vermehrung. Nach der Rückkehr in das Tiefland bilden sich die Veränderungen zurück. Diese „kleinen" Blutkörperchen sah auch Wolf und Koeppe [20] in Reiboldsgrün (700 m). Koeppe [21] stellt sich diese Vermehrung durch Abschnürung kleiner Blutscheiben von den normalen vor, also durch Poikilozyten- oder Schistozytenbildung nach Ehrlich, welche ja auch bei Aderlässen vor dem Auftreten kernhaltiger roter Blutkörperchen beobachtet wird. Unter der Leitung Bunges hat Weiß [22] von 2 Würfen Kaninchen eine Hälfte in Basel, die andere auf dem Pilatus (2060 m) bzw. in Andermatt (1448 m) aufgezogen und nach 4 Wochen bei den Höhentieren die Erythrozytenzahl vermehrt (12—24 Proz.), jedoch den Hämoglobingehalt, bestimmt durch Auslaugen der zerhackten Kadaverteile, unverändert gefunden. Zu völlig entgegengesetzten Resultaten führten die Befunde von Jaquet und Suter [23], die zwischen Davos und Basel den Hämoglobingehalt um 40 Proz. in der Höhe vergrößert fanden, während die Zahl der Erythrocyten nur um 23 Proz. zugenommen hatte. Die Hämoglobinbestimmung wurde jedoch nicht durch Auslaugen des Kadavers, sondern Ausbluten und Durchwaschen der Gefäße mit Kochsalzlösung bestimmt. Wir können die von zahlreichen anderen Autoren ebenfalls erhobene Blutkörperchenzunahme mit der Höhe, sowie auch die einzeln dastehende, jedoch nur auf zwei (!) Zählungen beruhende entgegengesetzte Angabe Kohlbrugges [24] für eine Höhenlage in Java von 2200—3000 m übergehen, um so mehr als van Voornveld [25] die Literatur 1902 eingehend besprochen hat. Ebenso genügt der Hinweis, daß episodisch die Blutkörperchenzunahme der Zeiß-Thomaschen Zählkammer zugeschrieben wurde, die bei vermindertem Luftdrucke wegen der Formveränderungen des Deckgläschens fehlerhaft arbeiten solle. Indes ist durch Bürkers und Abderhaldens Ausführungen ihre Unabhängigkeit von Druck und Temperatur dargetan und die von Schröder verlangte Kommunikation des Zählraumes mit der äußeren Luft als überflüssig erkannt worden [26].

Besonders eingehende Untersuchungen, die sich auch auf den Gehalt des Blutes an Trockensubstanz beziehen, stammen von Abderhalden [27], der den Hämoglobingehalt nach derselben Methode wie Weiß bestimmte.

Sein wichtigstes Ergebnis ist die systematische Feststellung, daß die Zahl der Blutkörperchen in der Höhe schon nach wenigen Stunden erhöht ist und daß Hämoglobingehalt und Erythrozytenzahl parallel steigen und — beim Übergange in einen tiefer gelegenen Ort — parallel absinken. Während jedoch die Zunahme in wenigen Stunden ausgebildet ist, braucht die Abnahme längere Zeit. Veränderungen des mikroskopischen Blutbildes durch Mikrozyten, kernhaltige Blutkörperchen bei der Zunahme oder von Blutschatten oder Degenerationsbildungen bei der Abnahme der Zahl hat Abderhalden niemals gesehen. Auch war eine intensivere Eisenreaktion in den Geweben als Ausdruck einer stattgehabten vermehrten Blutkörperchenzerstörung beim Abstieg nicht zu bemerken. Während der Übergang in die Höhe oder zur Tiefe gesetzmäßige Veränderungen von Erythrozytenzahl und Hämoglobingehalt in den dem lebenden Organismus entnommenen Proben auslöst, bleibt der Hämoglobingehalt des gesamten Tieres unverändert. Die Veränderungen sind also nur relative und nicht absolute. Nur bei Tieren, welche in der Höhe aufgewachsen waren, scheint, wenigstens im allgemeinen, die Hämoglobinmenge etwas erhöht.

In weiteren Untersuchungen konnte Abderhalden auch zeigen, daß das Blutserum der Höhentiere einen höheren Gehalt an Trockensubstanz, insbesondere an Eiweißkörpern besitzt, also konzentrierter ist.

Für die Deutung dieser Blutveränderungen ist die Tatsache von Belang, daß auch von Ballonfahrern, so von Gaule [28] an sich und seiner Frau — 2—3 Stunden nach dem Aufstiege —, von Henocque [29] in noch kürzerer Zeit, ferner von Calugareanu und Henry [30], Jolly [31] die Erhöhung der Zahl der Blutkörperchen erhoben wurde. Dabei will Gaule [28] sogar

histologische Befunde ins Feld führen, die für eine Blutkörperchenvermehrung sprechen, was v. Schrötter und Zuntz [32] mit Bezug auf eigene Erfahrungen im Ballon und v. Schrötter und Douglas auf dem Pic von Teneriffa [33] nicht bestätigen konnten.

Den vielen positiven Ergebnissen stehen aber auch gewichtige negative oder unsichere entgegen. So vermochten Zuntz [34] und seine Mitarbeiter auf dem Monte Rosa zwischen Brienz [500 m], Brienzer Rothorn (2150 m), Col d'Olen (2900 m) und der Punta Gnifetti (4560 m) nur bei drei Personen unter sechs eine mäßige Zunahme, bei den anderen sogar eine Abnahme der roten Blutkörperchen zu konstatieren, Ergebnisse, die mit den Resultaten Giacosas [35] übereinstimmen, der auf der Gnifettispitze bei Hunden, die er, um den Einfluß der Ermüdung auszuschalten, aufwärts hatte tragen lassen, und bei Kaninchen, welche in der Capanna Margherita (4560 m) 5 Tage geweilt hatten, keine deutlichen Veränderungen in der Blutzusammensetzung fand. Durch diese Tierversuche ist der Einwand, daß die weniger berggewohnten Expeditionsmitglieder Zuntz' infolge der großen Anstrengungen der Gletschertour abnorm reagiert hätten, unwahrscheinlich gemacht. Eher müßte man daran denken, daß in den im Vergleich zu den Höhenkurorten bedeutenden Höhen des Monte Rosa sich neue Reize (große Kälte, vermehrte Lichtstrahlung oder anderes) im Sinne einer Gegenwirkung geltend machen. Auch dies ist indes nicht anzunehmen, da die Forscher in den relativ niederen Höhen des Brienzer Rothorns auch kein einheitliches Resultat erhalten hatten.

Interessant ist auch, daß Knoche an sich, seiner Frau und seinem Diener nur in der ersten Zeit des Aufenthaltes in einer Höhe von 5000 m über d. M. eine Erhöhung der Blutkörperchenzahl fand, die dann einer Verminderung unter die Norm wich [33].

Vielleicht liegen also individuelle Verschiedenheiten vor. Hier fände der Forscher noch eine dankbare Aufgabe, da auch die neuen Angaben von Fuchs [36], der eine Erhöhung der Blutkörperchenzahl um 40 Proz., des Hämoglobins um 21 Proz. auf der Capanna Margherita fand, nur an einer Versuchsperson gewonnen worden sind und daher der Voraussetzungen für die Ableitung einer Gesetzmäßigkeit entbehren.

Obwohl also die Frage noch mehrfach der Klärung bedarf, gibt doch die überwiegende Zahl der Autoren an: 1. eine Vermehrung der im peripheren Blute zirkulierenden Erythrocyten beim Aufstiege in die Höhe, 2. eine Abnahme nach der Rückkehr in die tieferen Regionen und 3. bei lange dauerndem Aufenthalte, vielleicht als Produkt der Reize des Hochgebirgsklimas, eine, wenn auch nicht beträchtliche, so doch wahrnehmbare Zunahme des Gesamthämoglobins im Körper und eine Erhöhung der Erythrozytenzahl.

Über die Entstehung dieser Blutveränderungen ist vieles gesagt worden. Man kann mit Abderhalden die Annahmen folgendermaßen gliedern:

1. Die Theorie der Neubildung, wie sie Viault, Paul Bert, Mischer und seine Schüler, Gaule u. a. ausgesprochen haben.

2. Die Theorie von Fick [37], welcher nicht eine Neubildung, sondern eine größere Lebensdauer der Blutkörperchen in der Höhe annimmt. Der geringere Partiärdruck des Sauerstoffs und die hierdurch bedingte langsamere Sauerstoffaufnahme soll die Erythrozyten schonen.

Daß die Neubildung nicht für das rasche Einsetzen der Veränderung (Abderhalden und die Ballonversuche) in Betracht kommt, wird kaum

angezweifelt werden. Auch fehlen verläßlich geführte Beweise für die Neubildung durch histologische Befunde. Ganz anders ist die Neubildungshypothese zu bewerten, wenn man die Blutveränderungen meint, die sich bei dauerndem Aufenthalt im Höhenklima (Erythrozyten- und Hämoglobinvermehrung) entwickeln. In diesem Sinne haben auch Zuntz und seine Schüler an die Neubildung gedacht und diese der gesteigerten Tätigkeit der hämopoëtischen Organe auf Grund histologischer Befunde am Knochenmarke zugeschrieben [38].

Ficks Hypothese wird ebenfalls für die rasche Veränderung nicht herangezogen werden können; aber auch für die Dauerwirkung auf das Blut vermag sie sich trotz ihrer Originalität auf physiologische Tatsachen nicht zu stützen.

Für das rasche Einsetzen der Reaktion muß die Annahme gemacht werden, daß die Vermehrung von Erythrozyten und Hämoglobin keine absolute, sondern nur eine scheinbare ist. Es wurden drei Vorstellungen erörtert.

1. Die Theorie von Zuntz [39], nach welcher die Verteilung des Blutes im Gefäßsysteme eine Änderung in dem Sinne erfährt, daß sich in den Kapillaren mehr Blutkörperchen ansammeln, während in den größeren Gefäßen ein an körperlichen Elementen ärmeres Blut kreist.

2. Die Hypothese von Grawitz [40], nach welcher durch die vermehrte Verdunstung (erhöhte Atemtätigkeit) im Hochgebirge eine Eindickung des Blutes zustande kommen soll. Scheinbar gestützt wird diese Behauptung durch die von Abderhalden erhobene Erhöhung der Trockensubstanz des Höhenblutes, die auch von Jaquet bestätigt wurde. Die Differenzen von 3,61 Proz. zwischen Kaninchen von Basel und St. Moritz (Abderhalden) [41] oder 3,65 Proz. (Jaquet [42], Basel und Davos) oder die noch beträchtlich kleineren von Egger [42] sind indessen im Vergleiche zur Vermehrung der roten Blutkörperchen belanglos und ein Parallelismus zwischen der letzteren und dem Trockenrückstande ist nicht abzuleiten. Auch wäre, wie Zuntz [43] hervorhebt, die Eindickung nicht auf das Blut beschränkt, sondern müßte alle Gewebe betreffen, damit das endosmotische Gleichgewicht nicht gestört wird, wodurch eine Herabsetzung des Körpergewichts um mehrere Kilogramme erfolgen müßte. Eine solche Gewichtsverminderung ist aber nicht bekannt. Auch durch die vorliegenden Experimente wird die Annahme Grawitz' hinfällig. Jaquet [44] hielt Kaninchen durch 4 Wochen in einem geschlossenen Kasten unter einer Luftdruckverminderung von 100 mm Hg entsprechend der Höhe von Davos und fand eine Zunahme von Hämoglobin um 20 Proz. und eine entsprechende Vermehrung der Erythrozyten. Dabei war die Luft im Kasten sehr feucht. Unter ähnlichen Bedingungen arbeiteten auch Schaumann und Rosenquist [45]. Auch sie fanden die Zunahme der Blutkörperchen und des Hämoglobins in der Raumeinheit, „wiewohl die eingeatmete Luft fast mit Wasser gesättigt" war.

Die Versuche von Schaumann und Rosenquist sind auch durch die beobachtete Nachwirkung des Klimas mit vermindertem Drucke bemerkenswert. Die Versuchstiere zeigten zwar, nachdem sie wieder bei normalem Drucke sich befanden, zunächst die im Mittel vor dem Versuche beobachteten Blutwerte, nach einiger Zeit wiesen sie jedoch eine Vermehrung derselben auf, die noch nach Monaten fortbestand und gelegentlich die maximalen Werte in verdünnter Luft übertraf. Diese Nachwirkung fände ihr Analogon in Beob-

achtungen von Leuch an Züricher Ferienkolonisten [46], die in höher gelegenen Orten geweilt hatten.

Die 3. Hypothese stammt von Bunge [47], der die Blutkörperchenvermehrung auf eine Verengerung des Gefäßsystems zurückführte und annimmt, daß infolge dieser Blutplasma in die Lymphräume der Gewebe eintritt. Im wesentlichen käme es dadurch auch zu einer Eindickung des Blutes, jedoch nicht durch vermehrte Wasserverdunstung, sondern durch eine Veränderung des Tonus der Gefäße. Da dann bei der gleichen Herzarbeit im konzentrierteren Blute in der Zeiteinheit mehr Hämoglobin die Lungenkapillaren passiert, wird auch mehr Sauerstoff absorbiert, womit gut übereinstimmt, daß der Sauerstoffgehalt des Tierblutes sich bis zu einem Drucke von 41 cm Hg nicht vermindert, trotz der verringerten Sauerstofftension [48]. Somit läßt sich gegen diese Hypothese, welche als Ursache der Zusammenziehung der Blutgefäße die verminderte Sauerstofftension der Lungenalveolarluft annimmt, kein gewichtiger Einwand vorbringen. Der Reflexmechanismus, der bei Sauerstoffmangel (Erstickung), selbstredend graduell gesteigert, sich abspielt, würde die Erscheinung auf hohen Bergen in Beziehungen bringen mit Gefahren, denen wir stets ausgesetzt sind, und der Einwand Cohnheims [49], daß es unwahrscheinlich sei, daß ein Reflex, der sich auch in der Vorfahrenreihe kaum je hätte ausbilden können, mit solcher Promptheit funktioniere, wäre zum mindesten sehr abgeschwächt.

Puls.

Von weiteren physiologischen Ergebnissen sei des Verhaltens der Pulszahl gedacht. Auch hier finden sich Angaben von sehr verschiedenem Werte in der Literatur. Bei Paul Bert [50] wird eine alte Angabe von Torrente, den Übergang über die Anden von Südamerika betreffend, erwähnt: La subtilité de l'air accélère la circulation. Von den vielen Angaben erwähnen wir: Veraguth [51] zählte bei 10 Personen in Zürich und St. Moritz (1769 m) den Puls und fand in den ersten Tagen ein Plus von 6 Schlägen in der Minute (68,8 : 74,7). Nach 2—4 Wochen sank die Zahl auf 70,5 im Mittel. Veraguth zählte ferner seinen eigenen Morgenpuls im Bette bei ruhiger Rückenlage und den Abendpuls $^1/_2$ Stunde nach dem Zubettegehen. In Zürich waren die entsprechenden Zahlen 60 und 73, in St. Moritz in den ersten 14 Tagen 63 und 81. Nach längerem Aufenthalte 61 und 69, nach der Rückkehr nach Zürich 59 und 65,5. Eine geringe Pulsverlangsamung war unter den 10 untersuchten Personen in St. Moritz nur bei zwei Fällen zu erheben, während Ludwig [52] allerdings nach längerem Aufenthalte in Pontresina (1828 m) an sich selbst eine Herabsetzung der Pulszahl um 2 Schläge pro Minute fand.

Auch Mermod [53] hat an sich experimentiert und in Erlangen (223 m) 63,8, in Lausanne (614 m) 66,5, in St. Croix (1100 m) 67,5 Pulsschläge in der Minute gefunden, und eine regelmäßige, wenn auch schwache Zunahme mit der Höhe angenommen. Recht unklar sind die Ergebnisse der Schüler Mischers [54], Egger, Suter und Karcher, entsprechend den geringen Höhendifferenzen. Egger fand in Arosa gegenüber Basel an sich keine, an anderen Personen jedoch eine deutliche Vermehrung. Suter bestimmte seine Pulszahl in Serneus und Basel (Höhenunterschied nur 720 m) sowohl morgens im Bette in Rückenlage, als nach dem Aufstehen; ferner unter dem Einfluß bestimmter Arbeiten, Kniebeugen, Treppensteigen usw. Auch

seine Ergebnisse sind nicht sehr beweisend. Ebenso sind Karchers Zahlen in Champéry und Basel (Höhenunterschied 786 m) nicht eindeutig.

Das schwierigste bei diesen Zählungen ist die Ausschaltung der Muskelarbeit, die selbst bei kleineren Gebirgstouren eine hohe ist. Den Fehler suchte Kronecker [55] bei seiner Expedition von Zermatt (1600 m) auf das Zermatter Breithorn (3750 m) zu vermeiden, indem die Teilnehmer den ersten Teil ritten und dann auf Tragsesseln die Höhe passiv erreichten. Bei allen Teilnehmern trat Pulsbeschleunigung auf. Doch läßt sich nicht leugnen, daß das Reiten insbesondere bei ungeübten Personen mit erheblichen Muskelanstrengungen einhergeht, sowie andrerseits das Getragenwerden auf den gefahrvollen Wegen des Hochgebirges psychisch nicht gleichgültig ist. Die Versuche Kroneckers sind daher nicht einwandfrei, wenn man sie auf die Einwirkung der Höhe allein bezieht.

Jede stärkere Anstrengung steigert die Pulszahl für einige Zeit. Von diesem Standpunkte sind auch die Versuche von Heller, Mager und v. Schrötter nicht einwandfrei, welche nur 3 Tage in der Simonyhütte auf dem Dachstein (2210 m) verweilt hatten und eine Vermehrung der Pulsschläge (maximal 17) beobachteten [56]. Auch die Mitglieder des italienischen Alpenklubs, welche im Juli 1896 in der Hütte auf dem Monte Rosa (4560 m) drei Tage zubrachten [57], standen vielleicht noch unter dem Einflusse des Aufstiegs und psychischer Eindrücke (Überfüllung der Hütte u. a.). Ihre sehr starke Erhöhung der Pulszahl bedarf jedenfalls einer Kritik bei ihrer Verwertung.

Einwandfreiere Daten lieferte die Expedition von Zuntz [58] und seinen Mitarbeitern, da es sich um Personen handelte, welche sich im Stoffwechselgleichgewicht befanden und sich stets zur gleichen Zeit im Bette beobachteten. Beim Übergang von Brienz (ca. 500 m) auf das Rothorn (2150 m) sank zunächst die Pulsfrequenz durch 1—2 Tage, um dann einer mäßigen Steigerung Platz zu machen, die bei 4 Personen über die Brienzer Werte um weniges hinausging, bei zweien sie jedoch nicht überschritt. Eine Person zeigte auch den anfänglichen Abfall nicht. Auffallend war bei dieser Expedition, daß auch der Übergang von Berlin nach Brienz eine geringe Steigerung hervorrief, was für eine psychische Beeinflussung (Reise, Beginn schwieriger Versuche) spricht. Die Zahlenunterschiede sind übrigens bei den Morgenpulsen ganz geringfügig und schwanken kaum mehr, als Pulse in der Ebene sich verändern. Auffallend ist, daß bei der Hälfte der Personen nach der Rückkehr nach Brienz die Pulsfrequenz unter die ersten Werte der Brienzer Periode herabgeht, „das Herz hatte sich an die Reize des Rothornklimas und die größere körperliche Anstrengung der Märsche gewöhnt. Mit der Rückkehr nach Brienz fällt ein Teil dieser Reize fort, und das Herz wird jetzt weniger energisch angeregt.“ Diesem Abstiege der Pulsfrequenz kommt jedoch, wie Durig und Kolmer [59] richtig bemerken, eine geringere Bedeutung zu, weil bei denselben Personen auch nach dem Aufstieg zum Rothorngipfel eine Verminderung der Pulsschläge erfolgt war.

Wesentlich anders wird das Bild, wenn man die Pulsfrequenz auf der Monte-Rosa-Spitze mit den Brienzer Zahlen vergleicht. Alle Personen zeigen eine erhebliche Steigerung der Pulsfrequenz, die während eines sechstägigen Aufenthaltes nicht verschwand. In ähnlichem Sinne fielen auch die neuen Beobachtungen aus, über welche Durig und Kolmer berichteten. In einer Höhe von 3000 m wies noch keiner der Teilnehmer erhöhte Pulszahlen auf.

Auf dem Monte-Rosa-Gipfel (4560 m) blieb die Frequenz während des ganzen einmonatlichen Aufenthaltes bis zu 74 Proz. des ursprünglichen Wertes erhöht. Das Maximum der Erhöhung trat bei einzelnen Personen erst am 2. oder 3. Tage des Aufenthalts ein. Die größte Beschleunigung zeigte ein Teilnehmer, der an Bergkrankheit litt. Bei diesem stieg die Pulszahl nach Arbeitsleistungen sowohl auf der Monte-Rosa-Spitze als auch in einer Höhe von 3000 m an, während gleiche Leistungen in 1000 m Höhe noch keine Erhöhung hervorgebracht hatten. Alle Teilnehmer reagierten auf verschiedene — zum Teil nicht auffindbare Einflüsse mit Pulssteigerungen. Ein Zusammenhang mit meteorologischen Erscheinungen war aber nicht nachzuweisen. Durch rasche Steigerung der Pulszahl zeichnete sich die bergkranke Person aus.

Auf der Basis der letztgenannten Versuche dürfen wir also eine erheblichere Steigerung der Pulsfrequenz erst in Höhen annehmen, welche wesentlich jene der „Höhenkurorte" übertreffen und wenigstens in Europa für die Besiedelung nicht in Betracht kommen.

Wenig verändert scheint die Form der Pulskurve zu sein. Mosso [60] hat zwar in der Höhe des Monte Rosa 4560 bei sich und einem Soldaten bei einzelnen Pulsschlägen Dikrotismus gefunden und auch Kronecker [61] spricht von einem Ermüdungspulse, der nach verhältnismäßig kleinen Anstrengungen in der Höhe bei gleichzeitiger Zunahme der Frequenz gefunden wird. Andrerseits fand aber Mosso die Pulskurve bei einer Anzahl Soldaten unverändert und auch Kronecker bringt Bilder von Kurven, welche lehren, daß widerstandsfähige Männer, wie der Himalayaforscher Conway und der berühmte Valliser Führer Zurbriggen selbst in Höhen von 7000 m keine Veränderungen zeigten. Solchen Höhen gegenüber erscheint es selbstverständlich, daß Heller, Mager und v. Schrötter [62] in 2210 m — Simonyhütte des Dachsteins — auch bei 3tägigem Aufenthalte keine Veränderung der Pulsbilder finden konnten, ebenso wie auch die im Ballon in Höhen von 3100 m von ihnen aufgenommenen Kurven nicht von der Norm abweichen. Durig und Kolmer [63] fanden auf dem Monte Rosa bei den drei geübten Bergsteigern ihrer Expedition keine charakteristische Veränderung, nur bei dem schwächlichen Mitgliede (Kolmer), der während des ganzen Aufenthaltes bergkrank war, sind die Gipfelkurven übereinstimmend verändert, ohne jedoch unter dem Einflusse der Arbeit besondere Merkmale aufzuweisen. Es ist dies auffallend, da, wie Schumburg und Zuntz hervorheben, selbst in der Ebene starke körperliche Leistungen in einer beträchtlichen Zahl der Fälle die Pulskurven im Sinne einer Dikrotie verändern [64].

Blutdruck.

Vielleicht noch unsicherer sind die Angaben über das Verhalten des Blutdruckes. Mosso [65] fand bei Tieren im pneumatischen Kabinette keine Veränderungen bis zu Luftverdünnungen, die 6500—7000 m Höhe entsprechen, während Friedländer und Herter [66] in älteren Versuchen bei sauerstoffarmen Gemischen entsprechend einer Höhe von 4200 m Drucksteigerung erhoben, Befunde, die auch für verdünnte Luft von Fraenkel und Geppert [67] bestätigt wurden. Während die ebengenannten Versuche Tiere betrafen, fanden Lazarus und Schirmunsky [68] beim Menschen in der pneumatischen Kammer bis 400 mm Quecksilber den Blutdruck normal; erst bei weiterer Verdünnung sank der Druck, wobei Erscheinungen von Dyspnoe,

Mattigkeit, Schwindel u. a. eintreten. Druckerhöhung wurde nicht gesehen. Mosso [69] beobachtete an sich in der Höhe des Monte Rosa 4560 m keine von den in Turin ermittelten Zahlen abweichenden Werte, was er als Beweis anführt, daß die Gefäße unter dem Einflusse des verminderten Luftdruckes sich nicht erweitern. Demgegenüber will Veraguth [70] schon beim Ortswechsel zwischen Zürich und St. Moritz, Burghart [71] und Egger zwischen Basel und Davos eine Erhöhung des Blutdruckes gefunden haben. Unmittelbar bei der Ankunft auf dem Pilatus fand Veraguth seinen eigenen Blutdruck etwas erniedrigt. Damit stimmen auch die Ergebnisse der Monte-Rosa-Expedition vom Jahre 1906. Durig und Kolmer [72] erhoben diese Abnahme bei allen Teilnehmern der Expedition und machen hierfür bei den einzelnen Individuen verschiedene Einflüsse des Anstiegs (Herzermüdung, durch Hautreiz erweiterte Gefäße) verantwortlich. Binnen kurzem hob sich aber der Druck auf die Werte des Tales, diese eher übertreffend als hinter ihnen zurückbleibend.

Nach Durig stieg der Blutdruck bei Zuntz auf dem Pic von Teneriffa sehr beträchtlich [73].

Körpertemperatur.

Übereinstimmender lauten die Angaben über den Einfluß des Höhenklimas auf die Körpertemperatur, wenn auch hier individuellen Verhältnissen eine bedeutende Rolle zukommt. Mosso hebt hervor, daß selbst nach Steilmärschen die Zunahme sehr gering sein kann. So trug ein Soldat [74] eine Last von 20 kg von der Hütte Linty 3047 m auf den Monte-Rosa-Gipfel und wies rektal nur 37° C auf. Ob nur die Anstrengung temperaturerhöhend wirkt, ist schwer zu sagen, jedenfalls sinkt die Temperatur, wenn die Individuen nach dem Marsche kurze Zeit rasten. So beobachtete Mosso [75] 3 Minuten nach der Ankunft in der Hütte auf dem Monte Rosa rektal 37,4° C und 14 Minuten später nur noch 36,5. Andererseits fanden Loewy und seine Mitarbeiter [76] auf der Höhe des Monte Rosa eine unzweifelhafte Steigerung der Körperwärme, die sich auch in den durch Muskelbewegungen am wenigsten beeinflußten Morgentemperaturen geltend machte. Die größte Temperaturzunahme wies Loewy auf. Es sei deshalb seine Messung ausführlich wiedergegeben:

In Brienz	36,3° C		
Auf dem Monte Rosa am 1. Tage	38,0°	„ also	+ 1,7°
„ „ „ „ „ 2. „	37,5°	„ „	+ 1,2°
„ „ „ „ „ 3. „	37,0°	„ „	+ 0,7°
Auf dem Monte Rosa am letzten Tage	37,0°	„ „	+ 0,7°

Auch die übrigen Teilnehmer zeigten auf Monte-Rosa-Höhe deutliche, wenn auch geringfügigere, Anstiege der Körperwärme. In der Höhe von 2900 m (Col d'Olen) wiesen nur 2 Teilnehmer Wärmesteigerung auf, woraus zu schließen wäre, daß der Höheneffekt bei verschiedenen Personen in verschiedenen Höhen beginnt. Die von Durig [77] geleitete Monte-Rosa-Expedition konnte ebenfalls die Zunahme der Körpertemperatur bestätigen und auch feststellen, daß die Steigerung, freilich individuell verschieden, nach mehrtägigem Aufenthalte abnimmt. Ein Zusammenhang mit Muskelarbeit war nicht zu erweisen, da das Maximum des Anstiegs erst nach dem ersten Aufenthaltstage auftrat; auch schwankte die Temperatur — innerhalb der

Marsch- und Ruheversuchsserien — nicht. Mit der Bergkrankheit steht die Steigerung höchstens in einem negativen Zusammenhange, da die bergkranke Person die kleinsten Unterschiede gegenüber der Ebene aufwies, was auch die Expedition Loewys beobachtete. Ein Aufenthalt in einer Höhe von 1000 m im Winter beeinflußte nicht die Körpertemperatur. Eine Nachwirkung nach dem Abstieg ins Tal, wie sie für den Puls gilt, war bei der Körpertemperatur nicht zu erheben.

Mechanik der Lungenatmung.

Mit Rücksicht auf die im Hochgebirge von Bergbesteigern als störend empfundenen Atembeschwerden, welche auch bei vollständiger Ruhe sich geltend machen (Lortet [78], Egli-Sinclair, Poeppig [79]), war es interessant zu untersuchen, bei welcher Höhe die Beschwerden einsetzen, wenn alle Störungen durch Muskelanstrengungen ausgeschaltet sind. Der Einfluß niedriger Höhen wurde von Veraguth [80] vergleichsweise in Zürich 470 m, Parpan 1505 m und St. Moritz 1769 m unter möglichst gleichen Ernährungs- und Arbeitsbedingungen ermittelt. Die Zahl der Atemzüge stieg morgens von 9,9 in Zürich auf 12 in St. Moritz, bei Messungen am Abende von 12 auf 14, um bei mehrtägigem Aufenthalte sowie bei der Rückkehr nach Zürich wieder auf die ursprünglichen Werte abzufallen. Auch das ausgeatmete Luftvolumen war vergrößert und zwar auch dann, wenn man es auf den Luftdruck von Zürich reduzierte. Nach einigen Tagen zeigte sich ein Abfall. Diesen positiven Ergebnissen stehen negative entgegen. So von Mermod [81], der zwischen Straßburg und St. Croix (1100 m) keine Differenzen fand, und Jaquet und Stähelin [82], welche zwischen Basel (270 m) und dem Chasserol (1600 m) ein Sinken der Zahl der Atemzüge und sogar des unreduzierten Atemvolumens erhoben. Diese Versuche, die sich auf mehrtägige Zählungen geübter Beobachter beziehen, gestatten den Schluß, daß eine gesteigerte Atemtätigkeit dem Gebirgsklima niederer Höhen nicht zuzuschreiben ist. Aber auch bei bedeutenden Höhen ist die Einwirkung keineswegs gleichartig. Während Marcel [83] auf der Insel Teneriffa in 3580 m sein reduziertes Atemvolumen beibehielt, sank dieses bei den berggeübten Soldaten Mossos [84] zwischen Gressoney und dem Monte Rosa, wie aus der von Jaquet [85] übersichtlich zusammengestellten Tabelle zu entnehmen ist.

Versuchsperson	Ort	Frequenz	Atemgröße pro Minute		Atemtiefe		Vitalkapazität ccm
			unreduziert	reduziert	unreduz.	reduz.	
U. Mosso	Gressoney 1627 m	12	6940	5660	758	471	3888
	Monte Rosa 4560 m	13	8590	4990	660	377	3108
B. Bizzozero	Gressoney . . .	11	8750	7130	808	648	4200
	Monte Rosa . .	15	9150	5170	611	344	3653
Camozzi	Gressoney . . .	8	4900	3830	587	478	—
	Monte Rosa . .	9	7950	4500	883	500	—
Sarteur	Gressoney . . .	10	5620	4580	562	458	5205
	Monte Rosa . .	10	5824	3300	582	330	4723
Solferino	Gressoney . . .	10	6410	5230	641	523	4556
	Monte Rosa . .	14	5540	3130	390	223	4434
Chamois	Turin 276 m . .	18,5	7719	7560	428	408	3678
	Monte Rosa 4560 m	15,5	8982	5230	585	337	3276
Oberhoffer	Turin	20	8900	8730	445	436	3179
	Monte Rosa . .	19	9190	5200	483	274	2734

Der Zunahme der unreduzierten Atemgröße steht die Abnahme der reduzierten, also tatsächlich ausgeatmeten Luftmenge entgegen. Nur in einem Falle (Soldat Camozzi) ist auch letztere größer. Das gleiche gilt von der Atemtiefe, während die Frequenz nur wenig beeinträchtigt ist. Die stärkste Beeinflussung erfährt sie bei Bizzozero und Solferino im Sinne einer Beschleunigung, während bei Chamois ein stärkeres, bei Oberhoffer ein geringeres Absinken beobachtet wird.

Die wertvollen Ergebnisse der Expeditionen von Schumburg und Zuntz, Loewy, Jaquet und Stähelin, Durig und Zuntz hat Loewy übersichtlich zusammengestellt [86].

Gaswechsel im Höhenklima.

Person	Höhe m	Barometerdruck mm Hg	Atemvolum pro Minute		ccm pro Minute		Respirator. Quot.	Bemerkungen
			beob. ccm	reduziert ccm	Sauerstoffverbrauch	Kohlensäureausscheidg.		
1. Schumburg 1895	54	758	5553	5266	275,3	228,6	0,830	Aus: Schumburg u. Zuntz, Pflügers Arch. **63**, 1896.
	1600	625	6360	4820	278,1	236,6	0,851	
	2990	533	7060	4520	289,9	243,0	0,838	
2. N. Zuntz 1895	54	758	4988	4640	227,9	186,1	0,823	Ebenda
	1600	625	5450	3940	219,2	187,2	0,829	
	2990	533	6630	4250	246,0	197,9	0,800	
3. A. Loewy 1896	54	758	3940	3548	185,8	134,2	0,724	Aus: A. Loewy, J. Loewy u. L. Zuntz, ebenda **66**, 1897.
	2900	535	5750	3770	197,8	187,3	0,945	
	3620	482	6260	3710	217,9	183,8	0,834	
4. J. Loewy 1896	54	758	6035	5220	239,0	187,5	0,785	Ebenda
	2900	535	5020	3300	291,2	198,7	0,882	
	3620	482	7080	4280	287,4	220,1	0,865	
5. L. Zuntz 1896	54	758	4930	4360	231,1	200,1	0,866	Ebenda
	2900	535	5490	3710	291,2	225,4	0,775	
	3620	482	7760	4570	268,6	231,7	0,831	
	4560	424	0550		430,9	364,3	0,842	
6. Kolmer 1901	54	758	6571	6009	267,5	212,4	0,795	Aus: Zuntz, Loewy, Müller, Caspari, Höhenklima u. Bergwanderungen. Berlin 1906.
	500	715	6353	6038	248,3	205,8	0,828	
	2130	585	6585	4715	268,4	222,4	0,832	
	4560	435	8323	4463	293,0	234,3	0,806	
7. Waldenburg 1901	54	758	5660	5148	248,3	180,95	0,729	Ebenda
	500	715	4848	4036	257,2	204,90	0,797	
	2130	585	5244	3766	252,2	138,50	0,787	
	2900	534	5961	3922	279,1	227,0	0,808	
	4560	435	5308	2847				
8. Caspari 1901	54	758	5837	5182	223,7	171,8	0,768	Ebenda
	500	715	4809	4132	224,0	174,5	0,782	
	2130	585	5659	4076	226,3	186,9	0,827	
	4560	435	8466	4563	324,6	238,0	0,750	
9. Müller 1901	54	758	5801	5343	248,2	196,1	0,824	Ebenda
	500	715	4970	4276	237,2	183,2	0,772	
	2130	585	5465	3916	248,5	182,9	0,736	
	2900	534	5675	3715	229,4	186,4	0,813	
	4560	435	8920	4815				

Person	Höhe m	Barometerdruck mm Hg	Atemvolum pro Minute beob. ccm	Atemvolum pro Minute reduziert ccm	ccm pro Minute Sauerstoffverbrauch	ccm pro Minute Kohlensäureausscheidg.	Respirator. Quot.	Bemerkungen
10. A. Loewy 1901	54	758	5041	4467	227,0	177,7	0,763	Ebenda
	500	715	4573	3945	202,5	155,3	0,767	
	2130	585	5256	3761	211,3	170,9	0,809	
	4560	435	6270	3387	262,2	197,0	0,755	
11. N. Zuntz 1901	54	758	4877	4460	228,0	181,7	0,797	Ebenda
	500	715	4724	4117	230,7	183,0	0,794	
	2130	585	5474	3926	247,9	192,7	0,777	
	4560	435	8431	4609	331,7	255,9	0,770	
12. A. Durig 1903	200	732	5970	5420	231,8	178,4	0,771	Aus: Durig u. Zuntz, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1904
	2900	525	6155	4067	242,1	183,6	0,756	
	4560	425	7970	4420	277,5	210,0	0,757	
13. N. Zuntz 1903	54	758	4750	4280	228,0	181,7	0,797	Ebenda
	2900	525	6050	3990	231,9	171,7	0,737	
	4560	425	7613	4290	259,2	192,7	0,738	
14. H. v. Schrötter 1902	54	758	7661	6705	241,8	211,4	0,88	Aus: v. Schrötter u. Zuntz, Pflügers Arch. **92**, 1902. Ballonversuche.
	3000	525	6860	3988	249,2	216,1	0,867	
	3850	474	8250	4459	269,3	214,0	0,795	
	4500	435	9500	5600	285,9	241,0	0,845	
15. N. Zuntz 1902	54	758	4787	4306	222,4	196,3	0,88	Ebenda
	3200	515	6400	3526	252,1	180,7	0,717	
	3890	471	8800	3560	227,9	187,3	0,822	
	5160	399	9670	4792	282,7	261,2	0,924	
16. Jaquet 1900	270		7540	6550	227,0	179,5	0,791	Aus: Jaquet u. Stähelin, Arch. exp. Pathol. u. Pharmak. **46**, 1900.
	1600	625	7060	5520	247,0	206,0	0,834	
17. Durig 1905	150	747	5970	5420	231,8	178,4	0,771	Aus: Durig, Pflügers Arch. **113**, 1906.
	1326	651	7780	6043	240,3	188,1	0,782	
18. Frau Durig 1905	150	747			194,6	151,0	0,775	Ebenda
	1326	651	6450	5091	213,2	162,0	0,758	

Aus den vielgestaltigen Ergebnissen läßt sich nur entnehmen, daß im allgemeinen erst in beträchtlicheren Höhen die unreduzierte Atemgröße wächst, die reduzierte absinkt. Aber auch das erstere kann ausbleiben, sei es, daß die Personen (Soldaten Mossos) als berggeübt an die Reize des Hochgebirges gewöhnt sind, sei es (Waldenburg), daß ungeübte Bergsteiger das Mehr an Muskelarbeit für die erhöhte Ventilation nicht mehr aufbringen.

Im allgemeinen ist also die Sauerstoffzufuhr zu den Lungen herabgesetzt und die Regulation durch die Vermehrung der Atmung eine unvollkommene.

Auch im Ballon haben v. Schrötter und Zuntz [87] in Höhen von 4000—5000 m zwar eine Steigerung der Lungenventilation beobachtet, jedoch bewegte sich diese in so mäßigen Grenzen, daß sie nicht einmal ganz die Wirkung der Luftverdünnung kompensierte und das auf die Höhe der Ebene reduzierte Luftvolumen kaum den Durchschnitt der daselbst beobachteten Werte erreichte.

Dagegen machten diese Autoren darauf aufmerksam, daß die Atmung einen ausgesprochen periodischen Charakter annehmen könne, und daß die Atemtiefe ganz enorme Unterschiede aufweisen. Schon Mosso [88] hat auf der Monte-Rosa-Spitze die periodische Atmung beobachtet und graphisch

aufgezeichnet. So zeigte der Bruder des italienischen Forschers nach drei gradweise an Umfang abnehmenden Respirationsbewegungen jedesmal eine Ruhepause von 12 Sekunden, bevor eine neue Periode von drei in gleicher Weise abgestuften Atemzügen eintrat.

Die Änderung der Atemmechanik wird durch die Beschaffenheit der alveolaren Spannung der Kohlensäure und des Sauerstoffs nicht ausreichend erklärt. Die Kohlensäurespannung, auf welche die Atemgröße auf das feinste reagiert, war nicht nur relativ niedrig, sondern nahm sogar mit der Dauer des Ballonaufenthalts ab, während die Atemgröße wuchs. Für den Sauerstoff hat Loewy [89] in Versuchen im pneumatischen Kabinett dargetan, daß eine Verstärkung der Atmung erst nach Absinken der alveolären Spannung unter 40 mm Hg eintritt, ein Wert, der in keinem Ballonversuche auch nur annähernd erreicht wurde. v. Schrötter und Zuntz schreiben demnach die Veränderung noch unerforschten Reizen der Höhenluft zu. Wer sich über diese Frage eingehender belehren will, verweisen wir auf die vorzüglichen Ausführungen Durigs: Physiologische Wirkungen des Höhenklimas, Wiener klin. Wochenschrift 1911, S. 626 u. f.

Vitalkapazität.

Aus den Resultaten von Mosso (S. 729) ergibt sich auch die Abnahme der sogenannten Vitalkapazität mit der Höhe, d. i. jener Luftmenge, welche ein Mensch nach tiefster Inspiration aus der Lunge herauszupressen vermag. Diese Herabsetzung tritt nicht nur im Höhenklima (Schumburg und Zuntz [90], Loewy [91]), sondern auch in der pneumatischen Kammer auf (Vivenot [92], Paul Bert [93], Schyrmunski [94], Liebig [95]). Über die Ursache der Abnahme ist viel gestritten worden. Die Erklärung, daß die verdünnte Luft wegen ihres geringeren Widerstandes leichter ausgeatmet wird, dürfte kaum den beträchtlichen Unterschied erklären. Auch Arons Annahme, der an eine Verringerung des intrapleuralen Druckes denkt, ist unhaltbar [96]. Am ungezwungensten scheint es, neben der Ermüdung der Muskeln durch die Steigarbeit, an eine Ausdehnung der Darmgase zu denken, welche das Zwerchfell gegen den Lungenraum hebt und dessen Volumen einengt. Daß Darmgase entweichen, was Liebig [97] und Paul Bert [98] hervorheben, beweist noch keinen vollkommenen Druckausgleich, da dieser erst nach Tagen eintritt. Daß Muskelermüdung gelegentlich im Spiele ist, zeigt der Abfall der Vitalkapazität nach ermüdenden Muskelleistungen, den Loewy [99] bei der Monte-Rosa-Expedition an sich beobachtete: Vitalkapazität in Berlin 3100 cm^3, am Col d'Olen am zweiten Tage nach dem Aufstiege 3000 cm^3, einen Tag später nach dreistündiger Geharbeit 2700 cm^3.

Gaswechsel und Höhenklima.

Eine weitere höchst bemerkenswerte Tatsache ergibt sich aus der Tabelle S. 730/31: der Gaswechsel zeigt in der Höhe eine Veränderung.

Mermod [100] war der erste, der, und zwar in St. Croix (1100 m) und in Straßburg (142 m) vergleichende Untersuchungen über die Kohlensäureausscheidung anstellte und eine Erhöhung um etwa 7 Proz. fand. Ebenfalls eine Vermehrung der Kohlensäureausscheidung stellte Marcet fest, der in der Schweiz und zwar auf dem Breithorn (4171 m), Matterjoch (3222 m), Riffelhaus (2569 m), dem großen St. Bernhard (2472 m) und zum Vergleiche am Ufer des Genfersees seine Untersuchungen anstellte. Mermods Diffe-

renzen gegenüber den Zahlen der Ebene fanden als zu klein (Loewy [101]) wenig Würdigung, während Marcets [102] Ergebnisse durch eine fehlerhafte Technik — er sammelte die Atmungsluft in einem Sacke aus Kautschuk, welch letzterer an und für sich Kohlensäure absorbiert [103] — nicht einwandfrei sind. Da Marcet übrigens nur in den Alpen, nicht aber auf dem Pic von Teneriffa den Umsatz gesteigert fand, so glaubte er, diese Steigerung der Kälte und nicht der Höhe zuschreiben zu sollen.

Auch Veraguth [104], dessen Ergebnisse hinsichtlich der Zunahme der Atemgröße bereits mitgeteilt sind, findet in St. Moritz (1769 m) gegenüber Zürich eine Mehrausscheidung von Kohlensäure, die jedoch so beträchtlich ist, daß man sie nach anderen Erfahrungen nicht völlig ausgeschalteten Muskelbewegungen zuschreiben muß. In den Versuchen von Zuntz und Schumburg [105] (Berlin, Zermatt (1632 m), Betempshütte (2800 m) wurde besonders bei Schumburg eine geringe Zunahme des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäureproduktion in der Höhe beobachtet; doch ist die Zunahme so geringfügig, daß man sie der Vermehrung der Atmungstätigkeit zuschreiben kann. Auch bei Bürgis [106] Versuchen (Bern [538 m], Brienzer Rothorn [2130 m] und Gorner Grat [3136 m]) finden sich steigende Werte für die Kohlensäureausscheidung. Im Gegensatze hierzu boten Mossos [107] Soldaten selbst auf dem Monte Rosa keine erhöhte Kohlensäureproduktion, was jedoch Jaquet [108], Durig [109] einer mangelhaften Durchführung der Versuche zuschreiben. Jaquet und Stähelin finden zwischen Basel und dem Chasseral [110] eine Steigerung der Kohlensäureausscheidung im Nüchternheitsversuche von 14,8 Proz. und einen Mehrverbrauch an Sauerstoff von 8,8 Proz., demnach, da die Kohlensäureausscheidung stärker zunimmt als der Sauerstoffverbrauch, auch eine Erhöhung des respiratorischen Quotienten: 0,791 : 0,834. Nach der Rückkehr in das Tiefland hielt die Umsatzsteigerung langsam abklingend durch Wochen an, eine, wenn die Beobachtungen sich bestätigen würden, höchst bemerkenswerte Nachwirkung eines Höhenaufenthaltes. In Bestätigung der Resultate von Zuntz und Schumburg fanden Durig und Zuntz [111] in 2900 m Höhe den Ruhestoffwechsel nur wenig gegen das Flachland erhöht, auch nicht in praller Sonne oder bei starkem Winde auf frei aufragenden Berggipfeln. Erst in der Höhe von 4560 m (Monte Rosa) war die Umsatzsteigerung erheblicher und nahm während des fast dreiwöchentlichen Aufenthalts bis zum Schlusse eher zu. Doch war schon in der Höhe von 2900 m eine erhebliche Steigerung des Umsatzes nach Arbeitsleistungen zu beobachten, die noch um ein beträchtliches in der Höhe von 4560 m wuchs.

Durch die Arbeiten Durigs mit Reiner, Kolmer, Reichel und Caspari auf dem Monte Rosa einerseits und andererseits auf niedrigeren Höhen: Semmering (1000 m), Sporneralpe (1326 m) wurden die Befunde im wesentlichen bestätigt [112]. Durig faßt die Ergebnisse der neuen Versuche und der kritisch gesichteten Literatur dahin zusammen, daß in den niederen Höhen ohne Einfluß der Jahreszeit anfänglich eine Umsatzsteigerung eintritt, die sich allmählich zurückbildet. In beträchtlicheren Höhen bis zu 4000 m tritt wahrscheinlich eine Umsatzsteigerung ein, die jedoch losgelöst von unvermeidlichen Störungen nur wenige Prozente — nicht mehr als 5 Proz. des Normalwertes beträgt. Erst über 4000 m wird in allen einwandfreien Versuchen eine bedeutende Steigerung beobachtet. Diese ist ist so groß, daß sie durch den Mehraufwand von Atemarbeit nicht erklärt werden kann.

Sie ist bei der Ankunft in dieser Höhe sofort ausgebildet und verschwindet ebenso plötzlich nach dem Verlassen der Höhenregion. Während des einmonatlichen Aufenthaltes auf dem Gipfel des Monte Rosa fand keine Anpassung statt, die zu einer Verminderung der Steigerung geführt hätte. Die Raschheit des Aufstiegs zum Gipfel ist ohne Einfluß auf die Höhe der Umsatzsteigerung, ebensowenig wie Trainieren und Gewöhnen an den Höhenaufenthalt die Größe der Umsatzsteigerung herabzudrücken vermochte. Keiner der bekannten klimatischen Faktoren übte einen Einfluß auf den Umsatz aus, insbesondere nicht die Luftfeuchtigkeit, der Wind, das Potentialgefälle oder die Ionisation. Der respiratorische Quotient wies keine Veränderung gegenüber der Norm auf.

Der erhöhte Umsatz und die gesteigerte Lungenventilation tritt auch bei passiver Beförderung in die Höhe auf. Im Ballon sahen v. Schrötter und Zuntz [113] in Höhen von über 4000 m überdies eine qualitative Veränderung der Oxydationsprozesse vor sich gehen, die zu einer Erhöhung des respiratorischen Quotienten führte. Die durch Sauerstoffmangel in beträchtlichen Höhen ausgelösten unangenehmen Empfindungen ließen jedoch einen Zusammenhang mit der Änderung des respiratorischen Quotienten nicht erkennen. Indessen sind die vorliegenden Ballonversuche nicht ausreichend, um ein abschließendes Urteil zu ermöglichen. Die vor v. Schrötter und Zuntz veröffentlichten Ergebnisse von Hallion und Tissot [114], sowie jene von Dupasquier [115] stimmen teils zu wenig untereinander, teils sind sie in methodischer Hinsicht nicht einwandfrei.

Für die Besiedelung höherer Lagen, z. B. in den Tropen und in den gemäßigten Gegenden, für die Ausübung des Sports ist die Frage interessant, ob im Höhenklima die Arbeitsleistungen mit dem gleichen Stoffumsatze einhergehen wie in den Niederungen. Die Schwierigkeiten, welche sich der experimentellen Lösung entgegenstellen, beziehen sich auf die Herstellung gleicher Versuchsbedingungen. Zur Arbeit des Marsches und Anstiegs gesellen sich im Hochgebirge die Gefahren schlechter Wege auf den Schnee- und Firnfeldern mit ihren psychischen Einflüssen. Es sind demnach die von allen Autoren als erhöht angegebenen Zahlen nichts weniger als einwandfrei.

Daß die Luftdruckerniedrigung allein den Arbeitsumsatz nicht zu steigern vermöge, hat Loewy [116] in der pneumatischen Kammer für die Drucke bis 450 mm Hg gezeigt.

Von den zahlreichen Angaben aus dem Hochgebirge erwähnen wir die von Zuntz und Schumburg [117], die in 2800 m Höhe auf der Betempshütte 37 Proz. und 25 Proz. mehr Sauerstoff verbrauchten, als in der Niederung bei gleicher Steigarbeit. In 3800 m Höhe stieg der Mehrverbrauch sogar auf 54 Proz. Ähnliches sahen A. Loewy und L. Zuntz [118]. Nach längerem Training sank der Mehrverbrauch auf etwa 10—20 Proz. herab. Noch mehr leistete das Training bei Bürgis [119] Versuchen. Innerhalb 10—12 Tagen war in einer Höhe von 2200 m der Umsatz auf die gleiche Stufe wie in der Ebene gekommen. Bei 3000 m blieb er jedoch während der ganzen Versuchszeit um etwa 10 Proz. gesteigert. Es scheint also eine vielleicht individuell verschiedene Grenze zu bestehen, über welche hinaus auch der Berggeübte den Nutzeffekt der Arbeit in der Ebene nicht mehr aufrecht zu erhalten vermag. In diesem Sinne lauten auch die sorgfältigen Untersuchungen Durigs [120] auf dem Monte Rosa. Auch hier ist eine Steige-

rung des Umsatzes gegenüber der gleichen Arbeit in niederen Gegenden unzweifelhaft zu erkennen. „Hierbei kommt die Steigerung des Umsatzes durch die Vergrößerung der Atemarbeit nicht als ausschlaggebend in Betracht. Das Training vermochte die Umsatzsteigerung nicht zu beheben.“

Auch die neuesten Mitteilungen von Fuchs und Deimler [121] auf dem Monte Rosa sind Bestätigungen des Erörterten. In 3000 m Höhe war selbst bei starken Leistungen der Sauerstoffverbrauch gegenüber der Ebene nicht erhöht. Erst über 3000 m beginnt rasch der gesteigerte Umsatz. Damit ist nach den Autoren auch die Hauptursache für das Einsetzen der Bergkrankheit gegeben. Es kommt durch den gesteigerten Sauerstoffverbrauch eine rapide Sauerstoffverarmung zustande, welche nicht mehr durch das Sauerstoffbindungsvermögen des Blutes gedeckt werden kann. Da beim Trainirten und Akklimatisierten sowohl der Sauerstoffverbrauch für die Arbeit kleiner, als auch — nach Fuchs und Deimler — das O_2-Bindungsvermögen des Blutes größer ist als beim Untrainierten(?), so ergibt sich daraus der Wert des Trainings und der Akklimatisation für die Verbreitung der Bergkrankheit. Man wird demnach den Schlüssen von A. Magnus Levy [122], daß Bergbewohner und geübte Bergsteiger, solange nicht ungewöhnliche klimatische Einflüsse in Frage kommen, die Steigarbeit auch in 3000 bis 4000 m ebenso ökonomisch leisten, wie unter sonst gleichen Verhältnissen in der Niederung, nicht beipflichten können. In diesen Höhen reicht Übung und Anpassung im Sinne der Angaben von Gruber [123], Schnyder [124] u. a. eben nicht mehr aus.

Über den Eiweißansatz im Gebirge sind unsere Kenntnisse noch lückenhaft. Wenn wir von den mehr orientierenden Untersuchungen Veraguths [125] absehen, sind die wichtigsten die Arbeiten von Jaquet und Stähelin [126 und von Zuntz und seinen Mitarbeitern [127] bei der Expedition auf den Monte Rosa vom Jahre 1901. Jaquet und Stähelin fanden auf dem Chasseral (1600 m) nach einer, vermutlich durch den Marsch bedingten anfänglichen Steigerung der Stickstoffausscheidung eine Abnahme derselben, also einen Stickstoffansatz, der pro Tag mehr als 1,18 g betrug. Quantitativ übertrifft dieser Ansatz den Bedarf für die Blutneubildung, selbst wenn wir diese mit 20 Proz. der gesamten Blutmasse in Rechnung stellen. Es muß daher angenommen werden, daß auch eine mehr oder weniger intensive Neubildung der Gewebe stattfindet.

Auch die Zuntzsche Expedition fand Stickstoffansatz in den mittleren Höhen als Regel. Unrichtig dürfte aber sein, daß selbst Höhen von 500 m schon in diesem Sinne wirken.

Gesteigert wird der Ansatz durch Muskelarbeit bei Vermeidung eines Übermaßes derselben. Die günstige Wirkung, welche sich besonders bei jungen und im mittleren Alter stehenden Personen äußert, hat ihre Höhengrenze, die allerdings individuell schwankt. Für alle Expeditionsteilnehmer war diese Grenze auf dem Monte-Rosa-Gipfel bereits überschritten. v. Wendt sah hingegen auch noch in dieser Höhe an sich (1904) Stickstoffansatz [128]. Ob dieser Ansatz aber der Höhe als solcher zukommt und nicht etwa einem vermehrten Aufenthalt im Freien, ist noch eine offene Frage.

Auch die Teilnehmer der Expedition auf dem Monte Rosa unter Durigs Leitung 1906 wiesen die Stickstoffretention auf. Diese war schon in mäßigen Höhen (Semmering 1000 m über d. M.) bemerkbar. Aber auch in den höchsten Höhen hielt sie an. Nach der Rückkehr zur Ebene wurde der Stickstoff

nicht wieder ausgeschieden. Bemerkenswert ist, daß der Stickstoffansatz auch bei dem bergkranken Dr. Kolmer, der sich anscheinend so wenig an den Höhenaufenthalt anzupassen vermocht hatte, in derselben Weise bestand, wie bei den übrigen Teilnehmern der Expedition. (Wiener klin. Wochenschrift 1911, S. 629.)

Als häufigstes Höhensymptom wird Schlaflosigkeit und quälender Kopfschmerz genannt.

Psychische Einflüsse.

Zahlreiche ältere Angaben von Humboldt, Poeppig, Tschudi berichten auch von Störungen des psychischen Gleichgewichts im Höhenklima, als deren Ausdruck Erregung oder andererseits Ermattung, Angstgefühl angeführt wird. Zuntz [129] und seine Mitarbeiter sprechen besonders von einem Wechsel der Stimmungen, der durch das Ineinandergreifen von Überreizung und leichter Erschöpfbarkeit zu mannigfachen Störungen, wie plötzlichen Ausbrüchen von Depression oder Exaltation führt. Auf körperliche Leistungen, die im Flachlande kaum ermüden, folge Apathie und Mattigkeit, häufig Übererregbarkeit. Auch Mosso [130] schildert das abnorme Verhalten von Touristen, die den Gipfel des Monte Rosa erreichen. Selbst bei mittleren Höhen beobachten Bergführer eine herabgesetzte Energie bei ihren Schutzbefohlenen, welche sie zur Vermeidung von Gefahren durch Überredung, ja selbst durch harte Worte bekämpfen müssen. Inwieweit jedoch bei diesen Beobachtungen der Einfluß des Höhenklimas oder die Ermüdung, die Furcht vor Gefahren, Schwindelgefühl usw. in Betracht kommt, ist schwer zu sagen. Versuche liegen nur wenige vor. Galeotti [131] suchte die Verminderung der Erregbarkeit des Gehirns durch die Anzahl der Schluckbewegungen zu ermitteln, welche zwischen zwei Atempausen eingeschaltet werden können. Obwohl es möglich war, auf Monte-Rosa-Höhe den Atem länger anzuhalten, wie in Turin, vermochte Galeotti in diesem längeren Intervall weniger Schluckbewegungen auszuführen (15—17 : 9), also eine Störung des Reflexaktes zu erheben. Auch die Versuche von Mosso und Galeotti [132] über den Einfluß von Alkohol auf psychische Leistungen gehören hierher. Sie geben das interessante Resultat, daß bei Darreichung von 40 cm^3 absol. Alkohols in einer dem Sherry entsprechenden Konzentration jede erregende Wirkung ausbleibt, sowohl hinsichtlich des Allgemeinbefindens als auch bei der Untersuchung der Herztätigkeit und der Atmung. Poeppig und Tschudi berichten auch von den Anden Südamerikas, daß die sie begleitenden Träger ohne Zeichen von Übererregung Dosen von Alkohol ertragen, die sie in der Ebene trunken machten. Diese Erfahrungen und Versuche im Sinne einer kräftigenden Wirkung des Hochgebirges zu deuten, wäre sicher falsch. Am nächsten liegt es, die fehlende Erregung der erschlaffenden Wirkung der sauerstoffarmen Höhenluft zuzuschreiben.

In diesem Sinne wären auch die neuen Versuche von Durig und Reichel [133] zu deuten. Die Messungen einfacher psychischer Vorgänge auf dem Monte Rosa (Reaktionszeit mit Hilfe des Exnerschen Neuramöbimeters, Unterscheidung zweier Töne) gaben zwar keine wesentliche Beeinflussung durch das Höhenklima, doch ließen manche Einzelheiten an eine allmählich hervortretende Störung denken. Auch der Einfluß des Alkohols (20 cm^3 95proz. Alkohols zu einem Glas Wasser) äußerte sich keineswegs in der Aufhebung seiner Wirksamkeit auf den Ablauf einfacher psychischer

Vorgänge, sondern eher im Sinne einer vermehrten Alkoholintoleranz, wobei die Autoren es allerdings offen lassen, ob diese lediglich der Höhenwirkung oder den mit dem primitiven Aufenthalte in der Höhe verbundenen Strapazen und Entbehrungen zuzuschreiben ist.

Die Bergkrankheit.

Vor mehr als 300 Jahren beschrieb der Jesuitenpater Acosta [134] die Symptome einer Krankheit, welche ihn überfiel, als er auf dem Hochlande von Peru in einer Höhe von etwa 4500 m einen Bergrücken (Pariacaca) reitend überschreiten wollte. Es trat Erbrechen, Blutspeien und ein Schwächegefühl bei heftigen Schmerzen auf. Die Erscheinungen ließen erst nach, als er in niedrigere Gegenden gelangt war. Interessant ist, daß er das Leiden mit der dünnen Luft der Höhe, die für die Atmung nicht mehr ausreiche, in Zusammenhang brachte.

Ausführlich beschreibt auch ein deutscher Reisender, Poeppig [135], die Qualen des Aufenthalts in der Bergstadt Cerro de Pasco (4350 m).

Das Marschieren selbst auf ebenem Terrain ist außerordentlich ermüdend. In aufsteigenden Straßen wird die Atmung kurz und schwer. Kopfschmerz stellt sich ein. Umsonst sucht man sich gegen das Übel zu wehren; es trägt über den festesten Willen den Sieg davon. Zeichen heftiger Seekrankheit treten auf. Wegen der Ähnlichkeit der Symptome der Bergkrankheit mit der Seekrankheit wurde ihr auch der Name Mareo de la Puna, d. h. der „Seekrankheit, die einen auf der peruanischen Hochebene, der Puna, befällt“, gegeben. Als hervortretendes Symptom beschreibt Poeppig die Erschwerung der Atmung, die selbst auf ebenem Gelände nach einigen Schritten zur Rast zwingt. Dabei besteht ein unbezwingbares Angstgefühl; die Sinneseindrücke sind abgestumpft. Nach mehreren Tagen werden die quälendsten Symptome abgeschwächt. Doch dauert es manchmal Jahre bis der Eingewanderte zu seiner früheren Leistungsfähigkeit gelangt ist.

Wertvolle Schilderungen bringen die Brüder Schlagintweit [136], welche bei ihren Reisen im Himalaya Höhen über 6800 m erstiegen haben. Sie bezeichnen nach Kronecker als Symptome der Bergkrankheit: „Kopfschmerz, Atemnot, Beklemmung, die bis zum Blutspeien gehen kann und sehr selten leichtes Nasenbluten“. Niemals sahen sie „Blut von Lippe oder Ohr kommen, dagegen Appetitlosigkeit und oft Übelkeiten, Muskelschwäche mit einer allgemeinen Depression. Alle Symptome verschwinden beim gesunden Menschen beinahe gleichzeitig mit der Rückkehr zu niederen Orten. Die Wirkungen sind nicht wesentlich vermehrt durch die Kälte, aber der Wind verschlimmert sie gar sehr“.

Selbst ein zur Nachtzeit einsetzender Wind verschlimmerte das Befinden und die Atemnot.

Conway [137], der bekannte Himalayaforscher, erzählt, daß er und seine Begleiter (auch die in der Höhe geborenen Kulis) schon von 3000 m an die Marschleistungen erschwert empfanden. Wirkliches Unbehagen zeigte sich erst in Höhen von 4800 und 5000 m. Es trat auch nachts Herzklopfen auf, welches den Schlaf behinderte. Jedes Anhalten der Atmung löste Schwindel und nachfolgende keuchende Respiration aus. Auf dem Rhonegletscher steigerten sich Conways Beschwerden. Diese Stelle war den Führern Bruce und dem berühmten Schweizer Zurbriggen schon vorher als besonders geeignet, die Bergkrankheit hervorzubringen, bekannt. Hierbei wurde an die stagnierende Luft gedacht, welche in dem eingeschlossenen Tale sich befindet und von den Strahlen der Sonne durchwärmt wurde.

Ähnliche Angaben über besonders disponierte Orte finden sich bei Huc,

Webb u. a. [138]. Auch Tschudi berichtet, daß in Peru gewisse Örtlichkeiten besonders gefürchtet sind. Die Eingeborenen glauben hierbei an den Einfluß von Metallen, besonders Antimon, welches bergmännisch in den Anden gewonnen wird. Die Krankheit führt daselbst auch den Namen Sorroche (Spiesglanz) oder Veta (Erzader). Huc und Webb erzählen, daß die heimische Bevölkerung des Himalayas und in Tibet den Duft gewisser Blumen und Gräser für krankheitserregend halte.

Mosso [139] unterscheidet bei der Bergkrankheit eine akute und eine langsam sich entwickelnde Form. Die erstere tritt plötzlich ein und wird durch Übelkeit, Erbrechen, Verfall der Körperkräfte bis zur Unfähigkeit sich zu bewegen, bläuliche Färbung der Haut, Ohrensausen, Verdunkelung des Sehens und Ohnmachtsanfälle charakterisiert. Bei der chronischen Form sind die Erscheinungen von seiten des Verdauungstraktes geringfügiger. Über die nach Höhe und der Individualität des Befallenen stark schwankenden Befunde, sowie über die Literatur über Bergkrankheit finden sich außer in den bereits zitierten Werken zahlreiche Angaben bei Otto Cohnheim [140], Herm. v. Schrötter [141], Hann [142], Heller, Mager, v. Schrötter [143], G. v. Liebig [144].

Wenig geklärt ist die Frage nach den Ursachen der Bergkrankheit. Die Ansichten von v. Haller [145] und Kronecker [146], welche annehmen, daß durch den verminderten Luftdruck eine geänderte Verteilung des Blutes im Körper stattfinde, entbehren der physikalischen Grundlagen.

Dufours [147] Hypothese, daß die Bergkrankheit nur der Anstrengung zuzuschreiben und demnach eine Folge der Ermüdung sei, ist nicht stichhaltig, da auch bei passiver Erreichung großer Höhen Symptome einsetzen, welche der Bergkrankheit völlig ähneln. Auch darf nicht übersehen werden, daß bei empfindlichen Personen selbst bei einem längeren Aufenthalte in der Höhe die Erscheinungen bestehen bleiben, während sie sofort verschwinden, wenn niedere Orte aufgesucht werden. Durig [148] erzählt von einem Teilnehmer der Monte-Rosa-Expedition 1906, Herrn Dr. Kolmer, der während des ganzen vierwöchentlichen Aufenthaltes in der Margheritahütte 4560 m stets den Eindruck eines Erkrankten machte und zu keinerlei intensiver Arbeit verwendbar war, jedoch mit einem Schlage von seinen Erscheinungen befreit wurde, als man Alagna (1191 m) erreichte.

Andrerseits kann nicht verkannt werden, daß Muskelanstrengung den Eintritt der Bergkrankheit nicht nur beschleunigt, sondern in Höhen hervorrufen kann, in denen im ausgeruhten Zustande eine Störung des Befindens nicht zustande gekommen wäre. Sven Hedin [149] schildert, wie er durch die geringe Anstrengung beim Besteigen seines Reittieres stets heftiges Herzklopfen und bei den unbedeutendsten Anstrengungen das Gefühl gehabt habe, ersticken zu müssen. Wenn er ruhig im Sattel saß, fühlte er sich wohl.

Nach Mosso [150] liegt die Ursache der Bergkrankheit in einer Herabsetzung des Kohlensäuregehalts des Blutes. Gestützt wird diese Hypothese scheinbar durch die Beobachtung Loewys [151], daß stark verdünnte Luft leichter ertragen wird, wenn ihr Kohlensäure beigemischt ist. Durch die Einatmung der Kohlensäure steigt die Spannung dieses Gases im Blute und demnach auch die Sauerstoffkonzentration im Plasma bei derselben Menge des im gesamten Blute absorbierten Sauerstoffes [152]. Vgl. hierzu dieses Handb. S. 374. Es sollte im Hochgebirge aus dem Blute mehr Kohlensäure abdunsten, wie unter normalem Luftdrucke. Dadurch entstünde eine

Armut an Kohlensäure, für die Mosso den Namen Akapnie (ohne Rauch; Rauch für Kohlensäure) gewählt hat. Sowie nun die Kohlensäure Atmung und Herzschlag durch Reizung des Atemzentrums beeinflußt, führe andrerseits Kohlensäuremangel zu den Störungen der Bergkrankheit.

Gegen die Mossosche Hypothese hat sich Zuntz und seine Schüler [153] vor allem durch den Hinweis gewendet, daß die Höhe keinen Einfluß auf die Menge der Kohlensäure im Blute besäße. Selbst wenn dies aber zuträfe, würde nicht die Menge, sondern die Kohlensäurespannung entscheidend sein. Ein Parallelismus zwischen Bergkrankheitsbeschwerden und Kohlensäurespannung bestünde aber nicht.

Kronecker [154] wendet ferner ein, daß man, wenn Mossos Annahme

Einfluß verschiedener Höhenlagen auf den Organismus nach v. Schrötter.

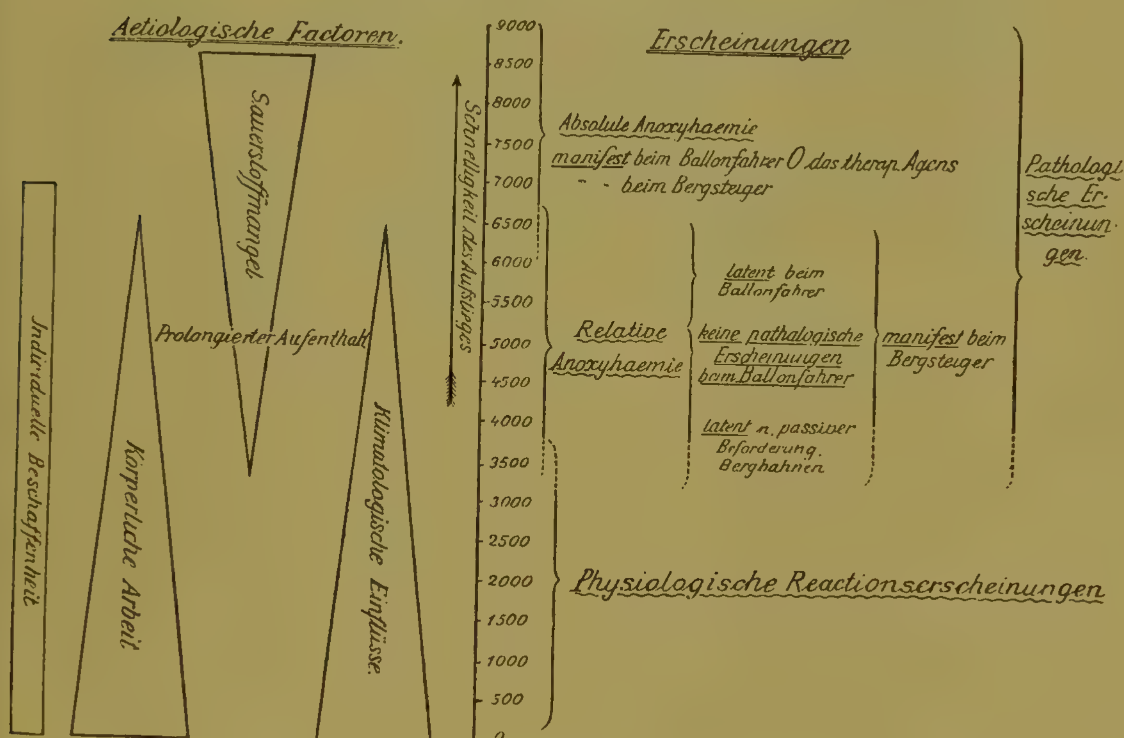


Fig. 122.

zuträfe, durch Anhalten des Atems von den Symptomen der Bergkrankheit sich befreien könnte. Es tritt aber hierbei geradezu das Gegenteil ein.

Die größte Wahrscheinlichkeit besitzt die Annahme, daß in dem geringen absoluten Sauerstoffgehalte der Höhenluft die Hauptursache der Störungen zu erblicken sei. In diesem Sinne sprach Jourdanet [155] schon 1863 von einer Anoxyhämie. Paul Bert [156] zeigte auch, daß die schädliche Druckverminderung durch Einatmung von Sauerstoff kompensiert werden könne. In der Tat erwies sich dieser Vorschlag als außerordentlich bedeutungsvoll. Erst dadurch, daß die Ballonfahrer komprimierten Sauerstoff in ihr Rüstzeug aufgenommen haben, gelang die Erreichung jener außerordentlichen Höhen von mehr als 10000 m durch Berson und Süring. Wenn bei Bergtouren der Sauerstoff noch vielfach als wertlos angesehen wird, so darf nicht übersehen werden, daß sein Transport eine Belastung ist, das Atmen durch ein Ventil dem Ungewohnten beschwerlich erscheint

und schließlich jene Höhen, bei denen die Sauerstoffatmung abfällig kritisiert wurde, nicht sehr beträchtliche waren. Indes liegen vom Montblanc auch günstige Erfahrungen vor [157].

Scharfe Höhengrenzen für den Eintritt der Anoxyhämie bestehen nicht. Dem individuellen Zustande der Personen, dem Training, der Akklimatisation an die Höhe, vor allem dem Umstande, ob die Höhe passiv (Ballon, Bergbahnen) oder durch eigene Muskelanstrengung erreicht wurde, ist ein weiter Spielraum eingeräumt. v. Schrötter spricht demnach von absoluter und relativer Anoxyhämie. Das von ihm aufgestellte Schema S. 739 bringt dies übersichtlich zum Ausdruck.

Es ist übrigens fraglich, ob die Theorie der Anoxyhämie alle Erscheinungen der Bergkrankheit befriedigend zu erklären vermag. Es sei daran erinnert, daß einige Orte mit relativ niedriger Höhe als besonders geeignet, die Bergkrankheit hervorzurufen, angegeben werden. Berüchtigt ist der sog. Korridor am Montblanc in 3900 m Höhe [158]. Auch die Angaben von den „Ausdünstungen" mancher Pflanzen und den Emanationen von Metallen kehren zu oft wieder, als daß sie völlig übersehen werden dürfen. Die Angabe, daß in Europa die Grenze für das Auftreten der Bergkrankheit niedriger liegt (3000—4000) als in den tropischen Gegenden von Afrika und Asien, bedarf, wenn sie überhaupt auf richtigen Beobachtungen beruht, ebenfalls einer Aufklärung. Über die negativen Ergebnisse hinsichtlich Zusammenhangs der Bergkrankheit mit der Ionisation der Luft und dem Potentialgefälle siehe dieses Handbuch S. 478, 479.

Literatur:

1) Handb. d. Klimatologie, III. Aufl., **1**, 202.
2) Hann, l. c., S. 204.
3) Kremser, Deutsches Bäderbuch 1907, S. XCV.
4) Denkschr. d. Kais. Akad. d. Wissensch. Wien 1892, **59**, 201.
5) Mitt. d. Kais. Gesundheitsamtes 1884, **2**, 196.
6) Traité d'hygiène par Brouardel et Mosny, Paris 1906, **1**, 65.
7) Ztschr. f. Hyg. 1908, **58**, 345.
8) Hyg. Rundsch. 1901, **11**, 1181, daselbst auch andere Literatur.
9) Zit. nach J. Courmont in Traité d'hygiène par Brouardel et Mosny **1**, 66.
10) Compt. rend. de l'acad. des sciences 1882, **94**, 805.
11) Paris 1878, S. 1109.
12) Compt. rend. de l'acad. des sciences 1890, **2**, 917.
13) Compt. rend. de l'acad. des sciences 1891, **1**, 295.
14) Compt. rend. de l'acad. des sciences 1891, **1**, 298.
15) Compt. rend. de la soc. biol. 1892, S. 47.
16) Zitiert nach Jaquet: Über die physiologische Wirkung des Höhenklimas. Basel 1904, S. 24.
17) Ebenda.
18) Deutsche med. Wochenschr. 1893, S. 453; XII. Kongreß über innere Medizin, Wiesbaden, 12—15, August, 1893; Arch. f. exp. Path. **39**, 437.
19) Arch. f. exp. Path. 1897, **39**, 463.
20) Deutsche med. Wochenschr., 19. Jahrg., 1893, S. 453 und ebenda 1896, Ver. Beilage S. 18.
21) Münchner med. Wochenschr. 1893, 11.
22) Ztschr. f. phys. Chem. 1897, **22**, 526.
23) Korrespondenzbl. f. Schweizer Ärzte 1898, **28**, 104.
24) Korrespondenzbl. f. Schweizer Ärzte 1897, **27**, 453.
25) Pflügers Arch. 1902, **92**, 1.
26) Vgl. hierzu Gottstein, Allg. med. Zentral-Zeitschr. 1897, Nr. 74; Berl. klin. Wochenschr. 1898, Nr. 20; Münchn. med. Wochenschr. 1898, Nr. 4.

27) Ztschr. f. Biol. **43**, neue Folge 25, 1902, S. 125 u. 443; Pflügers Arch. **92**, 615.
28) Pflügers Arch. 1902, **89**, 119.
29) Compt. rend. Soc. d. Biol. **53**, 1003.
30) Ibid. S. 1037.
31) Ibid. S. 1039.
32) Pflügers Arch. 1902, **92**, 485.
33) Wr. klin. Woch. 1911, S. 624.
34) Zuntz, Leowy, Müller, Caspari, Höhenklima und Bergwanderungen 1906, S. 191.
35) Rendiconti dell'Inst. Lombardo **30**, 410; Mosso, Der Mensch auf den Hochalpen. Leipzig 1899, S. 389.
36) Physiologisches Studium im Hochgebirge. Sitzungsber. d. physik.-mediz. Soc. in Erlangen 1908, **40**, 207.
37) Pflügers Arch. 1895, **60**, 589.
38) Höhenklima und Bergwanderungen. Bong 1906, S. 200.
39) Berl. klin. Woch. 1895, S. 748 und Pflügers Arch. 1896, **63**, 461.
40) Berl. klin. Woch. 1895, **33** u. **34**.
41) loc. cit. S. 443.
42) Jaquet, Über die physiol. Wirkung des Höhenklimas. Basel 1904, S. 21.
43) Berl. klin. Woch. 1895, S. 748.
44) Arch. f. exp. Path. 1901, **45**, 1.
45) Zeitschr. f. klin. Mediz. 1898, **35**, 321.
46) Schweizer Korr.-Bl. 1896, S. 657.
47) Verh. d. XIII. Kongr. f. innere Mediz. 1895, S. 192.
48) Fraenkel und Geppert, Über die Wirkungen der verdünnten Luft. Berlin 1883, S. 49.
49) Ergebn. der Physiologie. II. Jahrg. 1. Abt. Wiesb. 1903, S. 625.
50) La pression barométrique S. 35.
51) Le clima de la Haute Engadine. Thèse de Paris 1887.
52) Das Oberengadin. Stuttgart 1877, S. 108, zit. nach Mischer-Jaquet, Arch. f. exp. Path. **39**, 475.
53) Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles, XV, 1878, 65.
54) Arch. f. exp. Path. **39**, 477.
55) Die Bergkrankheit. Wien 1903, S. 45.
56) Zeitschr. f. klin. Mediz. **33**, 355.
57) Mosso, Der Mensch auf den Hochalpen. Leipzig 1899, S. 86.
58) Zuntz, Loewy, Müller, Caspari, Höhenklima u. Bergwanderungen. Bong 1906, S. 344.
59) Denkschriften der Wiener kais. Akad. math.-naturw. Klasse **86**, 43.
60) Der Mensch auf den Hochalpen. Leipzig 1899, S. 76.
61) Die Bergkrankheit 1903, S. 65, 58, 59.
62) Zeitschr. f. klin. Mediz. 1897, **33**, 376.
63) Wiener Akad. Denkschr., math.-naturw. Klasse, **86**.
64) Physiologie des Marsches. Berl. 1901, S. 72.
65) Der Mensch auf den Hochalpen S. 362, 78.
66) Zeitschr. f. phys. Chemie 1879, **3**, 31.
67) Über die Wirkungen der verd. Luft auf den Organismus. Berl. 1883, S. 72.
68) Zeitschr. f. klin. Mediz. 1884, **7**, 299.
69) Arch. ital. de Biol. 1898, **30**, 329.
70) zit. Kronecker, Die Bergkrankheit 1903, S. 37.
71) Jaquet, Über die phys. Wirkung des Höhenklimas. Basel 1904, S. 38.
72) Denkschr. d. kais. Akad. Wien, math.-natw. Kl. **86**.
73) Wr. klin. Woch. 1911, S. 626.
74) Mosso, Der Mensch auf den Hochalpen 1899, S. 183.
75) loc. cit. S. 182.
76) Zuntz, Loewy, Müller, Caspari, Höhenklima u. Bergwanderungen. Deutsch. Verlagsh. Bong 1906.
77) S. a. Denkschr. d. Ak. d. W. in Wien, math.-nat. Kl., **87**, 40.
78) Jaquet, Über die physiol. Wirkung des Höhenklimas. Basel 1904, S. 41.
79) Paul Bert, loc. cit. S. 42.
80) Jaquet, loc. cit. S. 45.
81) Zuntz, Loewy, Caspari, Müller, Höhenklima, loc. c. S. 310.

82) Arch. f. exp. Path. 1901, **46**, 274.
83) Proc. of the R. Soc. 1879, **28**, 498.
84) Mosso, Der Mensch auf den Hochalpen 1899, S. 466.
85) loc. cit. S. 43.
86) Loewy, Hdb. der Biochemie **4**, 226.
87) Pflügers Arch. **92**, 509.
88) Der Mensch auf den Hochalpen, S. 61.
89) Pflügers Arch. 1894, **58**, 416.
90) Pflügers Arch. **63**, 478.
91) Ebenda **66**, 518.
92) Zur Kenntnis der physiol. und therap. Wirkungen der verdichteten Luft. Erlangen 1868.
93) Paul Bert, La pression barométrique, l. c., S. 751; vgl. auch Liebig, Der Luftdruck in pneumat. Kammern und auf Höhen. Braunschweig 1898. Literaturverzeichnis S. 237.
94) Über den Einfluß der verd. Luft. Inaug.-Diss., Berlin 1877.
95) Einige Beobachtungen über das Atmen unter vermindertem Luftdrucke. Sitzungsber. d. Ges. f. Morphol. u. Physiol., München 1891.
96) Zuntz, Loewy, Müller, Caspari, Höhenklima und Bergwanderungen. Berlin 1906, S. 86.
97) Einige Beobachtungen über das Atmen unter vermindertem Luftdruck. Sitzungsber. d. Ges. f. Morphol. u. Physiol., München 1891.
98) La pression barométrique, S. 751.
99) Pflügers Arch. **66**, 519.
100) Jaquet, Über die phys. Wirkung des Höhenklimas 1904, S. 49.
101) Untersuchungen über die Respiration und Zirkulation, Berlin 1895.
102) Proceed. of Roy. Soc. 1878, **27**, 293; 1879, **28**, 498.
103) Wiedemanns Ann. 1891, **43**, 548.
104) Le climat de Haute Engadin. Thèse de Paris 1887, zit. nach Jaquet, l. c., S. 50.
105) Pflügers Arch. **63**, 471.
106) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1900.
107) Der Mensch auf den Hochalpen. 274.
108) Über die physiol. Wirkung des Höhenklimas. Basel 1909, S. 52.
109) Denkschr. d. Wiener Akad. d. Wissensch. **86**, math.-naturw. Kl., Über den Erhaltungsumsatz.
110) Arch. f. exper. Path. 1901, **46**, 306.
111) Sitzungsber. d. Kgl. preuß. Akad. d. Wiss. 1904, 2. Halbb., S. 1041 u. Arch. f. (Anat. u.) Phys. 1904, Suppl., S. 258.
112) Denkschr. der Kais. Akad. d. Wiss., Wien, math.-naturw. Kl. **86**, 203.
113) Pflügers Arch. **92**, 519.
114) Compt. rend. Soc. de Biol. **53**, 1030 u. Compt. rend. de l'acad. 1901, **133**.
115) Bull. de la soc. de Therapeutique 1901, **16**, Séance du 4. Déc.
116) Pflügers Arch. **66**, 484.
117) Pflügers Arch. **63**, 461.
118) Pflügers Arch. **66**, 477.
119) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1900, S. 509.
120) Denkschr. d. Kais. Akad. Wien **86**, 338.
121) Fuchs, Physiologische Studien im Hochgebirge. 2. Mitt. Physik.-med. Soz. in Erlangen 1909, **41**, 186.
122) Noordens Handb. d. Pathol. des Stoffwechsels **1**, 241.
123) Korrespondenzbl. f. Schweizer Ärzte 1888, 15. Oktober; Ztschr. f. Biol. 1892, S. 466—491.
124) Ztschr. f. Biol. 1896, **33**; N. F. **15**, 32.
125) Thèse de Paris 1887. Le climat de la Haute Engadin.
126) Progr. der Rektoratsfeier, Basel 1904, S. 67.
127) Höhenklima und Bergwanderungen. Loewy, Zuntz. Bong 1906, S. 288.
128) Zuntz, Loewy, l. c., S. 289.
129) Zuntz, Loewy usw., Höhenklima und Bergwanderungen 1906, S. 424.
130) Der Mensch auf den Hochalpen. Leipzig 1899, S. 118.
131) Labr. scient. intern. Monte Rosa. Trav. de l'année 1903, S. 2, Turin 1904.
132) Ebenda, S. 250.
133) Denkschr. d. Wiener Akad. d. Wissensch. 1909, **86**, 79.

134) Acosta José de Hist. Natur y Moral de las Indias. Sevilla 1590, zit. Paul Bert, l. c., S. 25.
135) Paul Bert, La pression barométrique S. 41.
136) Results of a Scientific Mission to Indian and High Asia 1854—1858, Leipzig u. London 1861—1866, zit. bei Kronecker, Bergkrankheit. Urban & Schwarzenberg, 1903, S. 8.
137) Climbing and Explorations in the Karakorum Himalayas containing scientific reports by Bonnay and Roy nach Kronecker, l. c., S. 9, auch zit. in Mosso, Der Mensch auf den Hochalpen. Leipzig 1899, S. 228.
138) Vgl. Zuntz, Loewy usw., Höhenklima und Bergwanderungen. Bong 1906, S. 446.
139) Der Mensch auf den Hochalpen. Leipzig 1899, S. 229.
140) Asher-Spiro, Ergebnisse der Physiologie 1903, **2**, I, 612.
141) Zur Kenntnis der Bergkrankheit. Wien u. Leipzig 1899, S. 2.
142) Handb. d. Klimatologie **1**, 3. Aufl., S. 197.
143) Luftdruckerkrankungen 1900, S. 32 u. f. Viel zitiert ist auch die treffliche Schilderung einer Mont-Blanc-Besteigung von Egli-Sinclair. Jahrb. d. Schweizer Alpenklubs **27**, 316.
144) Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. 1896, **28**, 455.
145) Grundriß der Physiologie. Berl. 1788, zit. nach Zuntz, Loewy, loc. cit. S. 453.
146) Die Bergkrankheit. Urban & Schwarzenberg 1903, S. 122.
147) Bull. de la soc. med. de la Suisse romande 1874.
148) Denkschr. d. Kais. Akad. Wien 1909, **86**, Einleitung S. 22.
149) Durch Asiens Wüsten 1899, **1**.
150) Der Mensch auf den Hochalpen, S. 399.
151) Resp. und Zirkulation bei Änderung des Sauerstoffdruckes. Berl. 1895, S. 21.
152) Bohr in Nagels Handb. d. Physiol. d. Menschen 1909, **1**, 214.
153) Zuntz, Loewy, Höhenklima und Bergwanderungen, loc. cit. S. 458, Loewy, Arch. f. (Anat. u.) Phys. 1898, S. 410.
154) Kronecker, Die Bergkrankheit. loc. cit. S. 124.
155) Influence de la pression de l'air sur la vie de l'homme, IIe ed. S. 184, 185.
156) Paul Bert, loc. cit. S. 1153, Conclusions.
157) v. Schrötter, Zur Kenntnis der Bergkrankheit. Wien u. Leipzig 1899, S. 32.
158) v. Liebig, Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. **28**, 462.

Akklimatisation.

Die seßhafte Bevölkerung eines Ortes ist an das Klima ihrer Heimat angepaßt. Eine Verlegung des Wohnsitzes in ein anderes Klima kann nur dann ohne Schaden für das Individuum und seine Nachkommenschaft stattfinden, wenn der Organismus sich an die neuen klimatischen Verhältnisse anzupassen vermag. Diesen Vorgang nennen wir Akklimatisation.

Im allgemeinen wird die Anpassung leichter gelingen, je geringer die Verschiedenheiten der beiden in Betracht kommenden Klimate sind. Dies trifft zu, wenn die alte Heimat und die neue Ansiedlung in einer ähnlichen geographischen Breite liegen (südlich oder nördlich vom Äquator). Die Engländer konnten sich daher leicht in den Vereinigten Staaten von Nordamerika dauernd ansiedeln. Ferner gelingt die Akklimatisation leichter beim Übergange von einem wärmeren zu einem kälteren Gebiete, als umgekehrt; vermutlich weil der Schutz gegen Kälte leichter als jener gegen Wärme erworben wird. Als Belege hierfür erwähnt Schellong [1] die Trupps farbiger Stämme, welche mit ihren Schaustellungen die europäischen Städte durchziehen, die dunklen Besatzungen der Schiffe, die dem rauhen Klima nordischer Gegenden standhalten. Ferner erinnert er, daß es leichter gelingt, in unseren Menagerien die tropischen Tiere als den Eisbären zu erhalten. Ob aber in den angeführten Beispielen wirklich Beweise für eine vollzogene Akklimatisation zu sehen sind, muß dahingestellt bleiben.

Ein einwandfreieres Beispiel gibt die Geschichte der Kolonisierung Kanadas durch die Franzosen, welche im 17. Jahrhundert daselbst in wenigen Dezennien eine blühende Ansiedelung schufen. Auch die Negerniederlassungen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika sind als dem neuen Klima völlig angepaßt anzusehen.

Ungleich strittiger ist die Frage, ob es der arischen Rasse gelingen wird, in den Tropen festen Fuß dauernd zu fassen. Für die kolonisierenden europäischen Mächte, Engländer, Franzosen und in neuerer Zeit auch die Deutschen, ist sie vom größten Belange.

Zunächst muß aber erörtert werden, was unter Akklimatisation zu verstehen ist. Nach dem fast allgemein angenommenen Vorschlage von Steudel [2] unterscheidet man eine relative und eine absolute Akklimatisation. Von der ersteren hätte man zu sprechen, wenn der Eingewanderte „bei zweckmäßiger, dem Klima angepaßter Lebensweise und unter Vermeidung schwerer körperlicher Arbeit eine Anzahl von Jahren ohne dauernden Schaden für seine Gesundheit“ im neuen Lande „zubringen kann, dann aber, wenn er nicht dauernd geschädigt werden will, zeitweise zur Erholung in seine Heimat zurückkehren muß.“ Absolute Akklimatisation ist dann erreicht, wenn der Ankömmling in der neuen Heimat dauernd ein Leben führen kann, das dem früheren seiner Heimat entspricht und dabei nicht nur selbst leistungsfähig und gesund sich erhält, sondern auch seine körperlichen und geistigen Fähigkeiten auf seine Nachkommen überträgt. Nur diese Art der Akklimatisation ermöglicht eine dauernde Besiedelung und gewährleistet einen brauchbaren Nachwuchs des eingewanderten Stammes. Für die bäuerliche Ansiedelung ist nur dann ein Erfolg zu erwarten, wenn die absolute Akklimatisation möglich ist. Der Plantagenbau unter Verwendung heimischer Arbeitskräfte ist dagegen auch bei der relativen Akklimatisation durchführbar.

Inwieweit in einem gegebenen Falle die Akklimatisation des Europäers an die Tropen zu gewärtigen ist, hängt von einer Reihe von Umständen ab.

1. Vom Klima der neuen Heimat:

Mit Beziehung auf die Besprechung der meteorologischen Verhältnisse des Tropenklimas sei nochmals an den Einfluß der Höhenlage erinnert. Am besten bringt diesen die S. 695 gegebene Tabelle von Steudel zum Ausdruck. Im Höhenklima Stab 1—4 ist im Vergleiche zur Küste (Daressalam) das Jahresmittel bedeutend verringert, 16,3 ° C bis 20,7 ° C gegen 25,3 ° C, die Differenzen zwischen absolutem Minimum und Maximum erhöht (21,2 bis 25,1 gegen 16,4), obwohl das absolute Maximum der Gebirgslage mit einer Ausnahme niedriger ist. Das absolute Minimum des Küstenklimas 16,8 ° C steht dem absoluten Minimum von 5,5 in Kwai gegenüber. Auch die tägliche mittlere Schwankung ist erhöht, dagegen die mittlere relative Feuchtigkeit mit 66—78 Proz. gegen 83 Proz. erniedrigt, trotz der erheblich geringeren Temperatur.

Im Küstenklima sind für den Europäer körperliche Anstrengungen wegen der Schwierigkeit der Entwärmung kaum möglich. Aber auch das Höhenklima — man vergleiche die Zahlen mit jenen von Berlin — ist nicht sehr günstig, wie dies Steudel [3] ausgeführt hat, indem der Vorteil der niederen Luftwärme infolge der höheren Wärmestrahlung nicht ganz zur Geltung kommt und der erfrischende Einfluß der Jahreszeiten, wie überall in den Tropen, auch im tropischen Gebirge fehlt. In ähnlichem Sinne äußert sich auch Kohlbrugge [4] über die Erfahrungen am Himalaya und auf

Java. Für die Bodenkultur tritt in den höheren Gebirgslagen auch der niedere Luftdruck als Störung auf. Nocht [5] erzählt von gesunden und kräftigen Leuten, die sich in den Bergen Ostafrikas angesiedelt hatten und bei der schweren Feldarbeit erhebliche Herzbeschwerden empfanden. Doch lautet die Meinung der meisten Autoren dahin, daß die höhere Lage immer noch günstigere Chancen für die Akklimatisierung bietet, um so mehr, als auch der größte Feind, die Malaria, die tropischen Hochländer meist verschont. Die beim Ankömmling aus dem Niederungsklima anfänglich häufigen Erkältungen und Verdauungsstörungen werden meist rasch überwunden.

2. Von Individualität, Geschlecht, Alter, Rasse:

Bei allen europäischen Völkern gibt es Individuen, die das heiße Klima gut vertragen und solche, die sich auch nach langem Aufenthalte nicht daran gewöhnen können. Entscheidend dürfte hierbei nach Fiebig der Zustand der Gefäße und deren Reaktionstüchtigkeit sein [6]. Nach Steudel soll die Beschaffenheit des Nervensystems von größtem Belange sein [7]. Der Aufenthalt schafft anfangs eine Beunruhigung des ganzen Organismus, welche bei wenig widerstandsfähigen Individuen zu einer Nervenschwäche führt, die nur durch Verlassen der Tropen heilbar ist. Widerstandsfähigere überwinden die anfängliche Erregung und erzielen eine Anpassung, bei welcher auch die Schweißdrüsen leistungsfähiger werden. Als Schutzvorrichtung entsteht ein dunkles Hautpigment.

Eine rationelle Besiedelung muß daher schon mit der Auswahl der für die Tropen bestimmten Kolonisten einsetzen. Alle Herzkranken, auch solche, welche trotz leichter Herzerweiterung, Fettherz oder beginnender Altersveränderungen am Herzen oder den Gefäßen sich im Heimatsklima noch wohl und arbeitskräftig befinden, sind auszuschließen. Ebenso müssen Tuberkulose, frische Lues, Neigung zu rheumatischen Erkrankungen, Furunkulose, Ekzem, geistige Defekte als Ausschließungsgrund angesehen werden [8].

Allgemein ist die Klage, daß die Frauen der Europäer unter dem Tropenklima mehr leiden als die Männer. Nach Schellong [9] werden sie leicht blutarm und nervös, Schwangere abortieren häufig, Stillende verlieren ihre Milch; sie magern ab, leiden häufig unter menstruellen Störungen und uterinen Erkrankungen und werden zu einem großen Teil unfruchtbar. Auch die Kinder der Europäer zeigen häufig Degenerationszeichen. Sie bleiben, trotz rascheren Wachstums in den ersten Lebensjahren und frühem Eintritt der Pubertät meist kleiner und schwächer als ihre Eltern. Die Sterblichkeit in den ersten Lebensjahren (wohl auf den Verderb der Nahrungsmittel, besonders der Milch, zurückzuführen) ist meist sehr groß. Nach J. Cantlic [10] ist die Auswanderung vor dem 20. Lebensjahre nicht zu empfehlen. Die Lebensdauer des Mannes von 18 Jahren gegenüber jener der Männer von 30—40 Jahren ist wesentlich ungünstiger. Der 50jährige habe um 50 Proz. mehr Aussicht gesund zu bleiben als der Jüngling unter 20 Jahren. Cantlic sowohl als Schellong [11] sprechen davon, wie in die Tropen eingewanderte Greise sich häufig vorzüglich erhalten, vermutlich wegen ihrer geringen Empfänglichkeit gegen Malaria. Auch die Sterblichkeit der jüngeren Altersklassen ist wesentlich höher als in europäischen Ländern. Als Beleg sei folgende Tabelle angeführt, wobei jedoch hervorgehoben werden muß, daß infolge der verschiedenen Berufe der männlichen Personen der Vergleich nicht einwandfrei ist.

Von 100 Personen starben jährlich nach Sam. Brown [12] in Britisch-

Indien (zum Vergleich wurde die Sterblichkeit der männlichen Bevölkerung für Preußen und Italien dazugestellt [13]):

Altersklasse	englische Offiziere in Britisch-Indien	englische Beamte in Britisch-Indien	Männliche Personen in Preußen	Männliche Personen in Italien
15—25	2,4	1,7	1,0	1,1
25—35	2,8	1,7	1,25	1,3
35—45	2,9	2,1	2,1	1,7
45—55	2,9	2,1	3,7	2,7
55—65	3,2	3,1	6,8	5,5
65—75	6,3	5,2	12,5	13,6

Die Sterblichkeit der jüngsten Altersklasse 15—25 ist also bei den Offizieren fast $2^1/_2$ mal größer als unter der gleichaltrigen gesamten männlichen Bevölkerung in Preußen und Italien. Die geringe Sterblichkeit der älteren Klassen ist vermutlich durch die starke Auslese in den jüngeren Altersgruppen sowie dadurch bedingt, daß die kranken und bresthaften Personen meist in die Heimat zurückbefördert werden.

Als besonders gefährlich gilt das erste Aufenthaltsjahr. Nach Westergaards Ermittelungen spielt die Mortalität an Typhus hierbei die Hauptrolle. Nach der Dauer des Aufenthalts geordnet starben von den europäischen Truppen in Indien [14]:

	Gesamtmortalität in Proz.	Typhustodesfälle in Proz.
Bei einer Aufenthaltsdauer unter 1 Jahr	2,9	2,0
„ „ „ von 1—2 Jahren . . .	1,9	1,0
„ „ „ „ 2—3 „ . . .	1,7	0,7
„ „ „ „ 3—4 „ . . .	1,4	0,6
„ „ „ „ 4—5 „ . . .	1,5	0,6
„ „ „ „ 5—11 „ . . .	1,7	0,3
„ „ „ „ 10 und mehr Jahren	1,5	0,0

Eine große Rolle wird bei der Akklimatisation der Rasse zugeschrieben. Der Südeuropäer gilt als leichter für die Tropen akklimatisationsfähig als der Nordeuropäer. Einesteils ist der erstere an höhere Temperaturen von seiner Heimat her gewohnt — das vom Mittelmeer beeinflußte Klima Südeuropas ist für seine geographische Breite ausnehmend warm — andrerseits sind die südlichen Völkerschaften, besonders die Italiener, Spanier, Portugiesen, Malteser mit afrikanischem und südasiatischem Blute durchsetzt [15]. Auch kommt ihnen ihre Neigung, sich mit den Eingeborenen zu mischen, zugute. So sind die „Spanier" in Südamerika und auf den Philippinen, die Portugiesen in Südamerika, Afrika und Indien fast immer Mischlinge (vgl. Hueppe [16]).

Durch Anpassungsfähigkeit besonders ausgezeichnet sind die Juden und die Chinesen. Erleichtert wird den ersteren die Akklimatisation dadurch, daß sie sich fast ausschließlich dem Handel widmen und dadurch schwere körperliche Arbeit vermeiden. Dazu kommt, daß sich die Juden im großen und ganzen von den Mittelmeerländern nach Norden verbreitet haben und also die im wesentlichen leichtere Anpassung an ein kälteres Klima vorliegt. In bezug auf Morbidität und Mortalität nehmen die Juden überhaupt eine günstige Stellung ein, welche sie ihrer Mäßigkeit in bezug auf den Alkohol-

genuß und ihrer regen Sorge um die Gesundheit in erster Linie verdanken dürften. Auch ihr Streben, sich von Berufen, die mit schwerer Arbeit oder mit Gefahren verbunden sind, fernzuhalten, wirkt günstig. Nach der Statistik für Budapest 1900 und 1901 wurden für 1000 Einwohner folgende Zahlen für die Sterbefälle an natürlichen Todesursachen erhoben [17]:

Alter	Katholiken	Kalvinisten	Juden
0—5 Jahre	88,1	77,7	39,0
5—15 „	5,2	5,6	3,2
15—20 „	5,6	4,7	3,0
20—30 „	7,8	6,5	5,2
30—40 „	11,9	9,3	6,5
40—50 „	18,7	15,3	11,0
50—60 „	28,5	24,7	21,6
60—70 „	50,1	47,8	39,7
über 70 „	115,7	117,9	103,0
Zusammen	22,2	17,9	13,3

Daß die Chinesen in bezug auf Akklimatisation den meisten europäischen Völkern überlegen sind, findet allgemeine Bestätigung; eine genügende Erklärung hierfür fehlt bisher. Am annehmbarsten scheint es noch, daran zu denken, daß die Chinesen in ihrer, die verschiedensten Klimate umfassenden Heimat im Verlaufe der Jahrtausende Gelegenheit gefunden haben, sich eine weitgehende Anpassungsfähigkeit zu erwerben. Gegen Malaria sind die Chinesen übrigens ebensowenig immun wie die Europäer [18]. Interessant ist, daß auch in China die Eroberer (Mandju-Dynastie) aus dem Norden kamen.

3. Einfluß der Lebensweise. Nach A. de Quatrefages ist die ganze Akklimatisation „en grande partie une simple question d'hygiène", eine Ansicht, die General Dodds für den Felddienst mit den Worten übersetzt: „Eine geeignete Hygiene ist nach meiner Meinung das ganze Geheimnis der tropischen Kriegsführung" [19, 20].

Häufig ist die mangelhafte Ernährung schuld an dem Mißerfolge. Obwohl durch die bahnbrechenden Untersuchungen von Eijkman widerlegt, ist leider noch heute [21] die Meinung verbreitet, daß zu einer hygienischen Lebensweise in den Tropen eine Verminderung der gewohnten Nahrungsaufnahme gehöre.

Die erfahrensten Tropenkenner sprechen sich mit Eijkman dagegen aus. Wenn auch nach Rubners [22] Berechnungen ein Zurücktreten der animalischen Nahrung, besonders des Fleisches, für die Regulierung der Wasserbilanz von günstigem Einflusse ist, so würde eine Abstinenz von Fleisch nach den Erfahrungen urteilsfähiger Tropenärzte sich nicht empfehlen (Schellong [23]). Durchaus verfehlt wäre der Gedanke, die Art der Beköstigung der Eingeborenen annehmen zu wollen (Nocht) [24].

Noch schlimmer als unzweckmäßige Ernährung wirkt übermäßige Alkoholzufuhr. Wulffert [25] hat in einem lesenswerten Vortrage in der Berliner Gesellschaft abstinenter Ärzte den Satz begründet, daß ein Volk von weißer Hautfarbe, welches der Trinksitte huldigt, niemals die tropischen Länder zu besiedeln imstande sein werde. Sämtliche Fälle von Schwarzwasserfieber, welche Fiebig [26] in den Tropen behandelte, waren Alkoholiker. Wenn auch die oft geäußerte Behauptung, daß der Alkohol in den Tropen schlechter

vertragen wird, als im gemäßigten Klima, nicht bewiesen und auch nicht wahrscheinlich ist, ist sicher ein großer Teil der so häufigen Nervosität und so mancher Ausbruch von „Tropenkoller" dem Alkohol zuzuschreiben [27]. Auch die Erhöhung der Disposition zu infektiösen Erkrankungen durch den Alkoholgenuß ist nach den Versuchen von Laitinen [28] gut verständlich. Deherme [29] hält den Alkoholismus für die tödliche Wunde, an der alle französischen Kolonien leiden und Hueppe [30] sagt: Der Alkohol erweist sich als der allergefährlichste Feind des Europäers in den Tropen; er übertrifft an Gefährlichkeit alle Seuchen, die Malaria nicht ausgenommen.

4. Bildung von Mischrassen.

Nach Ansicht vieler Autoren ist die Akklimatisation in den Tropen dem Europäer nur dann möglich, wenn eine Kreuzung mit den Eingeborenen stattfindet. So sind nach Steudel [31] die Nachkommen der blutreinen Europäer in den romanischen Staaten Südamerikas „verweichlicht, arbeitsscheu und energielos; nur ein hoher Rassendünkel ist ihnen geblieben". Von den Franzosen, die sich auf der Insel Réunion (21^{0} südl. Breite) östlich von Madagaskar durch Generationen, allerdings nicht unvermischt, erhalten haben und „petits blancs" genannt werden, schreibt der französische Marinearzt Theron [32], daß der dortige Stellungspflichtige um so mehr zur Untauglichkeit neigt, je mehr sich seine Hautfarbe der weißen nähert; je mehr Zeichen afrikanischen Blutes er dagegen aufweist, desto tauglicher ist er.

Andrerseits hat man sich von jeher bemüht, Beispiele für eine stattgefundene Akklimatisation ohne Rassenmischung aufzufinden. Am meisten genannt werden die Inseln St. Helena, Fidji, Sandwichinseln, Tahiti und vor allem die Insel Barbados (Antillen), von deren weißer Bevölkerung man am sichersten sagen kann, daß sie sich seit Generationen unvermischt erhalten hat [33]. Die Bevölkerung, die „armen Weißen" genannt, stammt von englischen Deportierten, die um das Jahr 1700 auf diese Insel gebracht wurden. Von den damals vorhandenen etwa 7000 Leuten sollen in den ersten 15 Jahren 5000 gestorben sein. Heute sind höchstens noch 3000 Abkömmlinge vorhanden, die auf kümmerliche Weise — durch Fischfang — ihr Leben fristen. Da die „armen Weißen" ihre blonden Haare und blauen Augen erhalten haben, liegt hier ein Fall gelungener, fast absoluter Akklimatisation vor. Wenn auch der Stamm nach Low [34] degeneriert ist, so darf man, wie Nocht [35] hervorhebt, nicht vergessen, daß es in den Tropen auch eine Degeneration gibt, die von ungünstigen materiellen Verhältnissen bewirkt wird, und nicht dem Klima zugeschrieben werden darf.

Als das wichtigste Beispiel zugunsten der Akklimatisationsmöglichkeit wird Queensland in Australien angeführt. Seit 100 Jahren pflanzen sich hier germanische Stämme rein fort (Däubler [36]). Im Jahre 1870 zählten die Europäer 115667 Köpfe. (Nach Schellong sind in diese Zahlen auch Chinesen eingerechnet.) Die Zahl der Geburten im genannten Jahre betrug 4905, die der Todesfälle 1645 (Däubler), das sind also Verhältnisse, wie sie in Europa kaum günstiger vorkommen. Die in Queensland geborenen Europäer sollen gesund und kräftig sein (Schellong). Der materielle Wohlstand ist ein günstiger. Zudem bebauen die Kolonisten auf ihren Farmen selbst das Land, oder betätigen sich im Bergbau in den mineralreichen Minen. Freilich ist durch den Zuzug aus Europa stets Gelegenheit für Blutauffrischung gegeben.

Die gelungene Akklimatisation wird den besonders günstigen meteoro-

logischen Verhältnissen zugeschrieben. Obwohl mit Ausnahme des südlichen Teiles, welcher subtropisch liegt, tropische Temperaturen herrschen, soll die Abkühlung während der Nächte beträchtlicher sein. Der in den Tropen die Feuchtigkeit mehrende Urwald ist durch lichte Waldungen von Eukalyptusbäumen ersetzt. Auch fehlt im Lande die Malaria.

Es wurde auch, besonders durch Stockvis [37], versucht, die Akklimatisationsfähigkeit durch Familien zu erweisen, die sich durch Generationen rein fortgepflanzt haben. Ohne auf diese Frage einzugehen, kann man mit Hueppe [38] es als strittig annehmen, ob eine Vermischung mit Eingeborenen wirklich auszuschließen ist. Daß die Stammbäume bloß Namen, nicht aber die Volkszugehörigkeit angeben, hat Däubler [39] hervorgehoben.

Obwohl die Literatur eine Anzahl von Beispielen der geglückten Kolonisation und erfolgten Vermehrung der, wie es scheint, nicht vermischten Rasse anführt, gibt es erfahrene Ärzte wie Schilling, die eine absolute Akklimatisation für den Europäer leugnen. Der alte Standpunkt, den Lind [40] einnahm, daß jeder Spatenstich, den ein Europäer in den Tropen mache, ein Spatenstich zu seinem Grabe wäre (chaque coup de bêche, qu'un Européen donne dans les pays chauds creuse sa fosse), besteht zwar nicht mehr zu Recht, aber an der Unmöglichkeit für den Europäer, ohne den Eingeborenen den Boden zu bearbeiten oder sonstwie schwer zu arbeiten, wird festgehalten.

Schilling [41] weist auch darauf hin, daß sämtliche kolonisierenden Völker Europas zum Teil nach Jahrhunderte langer Praxis einen Heimatsurlaub, d. i. eine Unterbrechung des Tropenaufenthalts, für ihre Beamten und Offiziere eingeführt haben.

Eine Reihe hervorragender Tropenärzte vertreten dagegen die Ansicht, daß nicht das Klima an sich, sondern die Tropenkrankheiten und die unzweckmäßige Lebensweise die Akklimatisation verhindere. Als Beispiel für den Wert des Kampfes gegen die vielfachen Endemien führt Macdonald [42] die weiße Bevölkerung von Geraldton (Nordaustralien) an, die gesund sei, seit es gelang, der Ankylostomiasis Herr zu werden. Die strenge Durchführung hygienischer Maßnahmen hat aus dem einstigen „Grabe des weißen Mannes“, Batavia, einen angenehmen Wohnort gemacht. Zum mindesten wird man also die absolute Akklimatisation für die höher gelegenen Orte der Tropen, deren Temperatur niedriger ist und die meist malaria- und auch gelbfieberfrei sind, mit Ziemann [43] und Nocht [44] anzunehmen haben.

Wenn man ferner bedenkt, daß das sich zur Auswanderung stellende Menschenmaterial vielfach ein körperlich oder moralisch minderwertiges war, das vielleicht, wie die „armen Weißen“, jene nach Barbados deportierten Rebellen, nur über eine ganz unzureichende Zahl für die Mutterschaft geeigneter Weiber verfügte, so wird man in dem Glauben bestärkt, daß ein abschließendes Urteil im Sinne der Unmöglichkeit einer Anpassung endgültig noch nicht auszusprechen ist.

Auch die Sterblichkeit ist in den besser verwalteten Tropengebieten keine sehr erhebliche. Sie ist sicher günstiger als sie in den gemäßigten Ländern war, bevor die Lehren der Hygiene zur praktischen Durchführung gekommen waren.

Die Präsidentschaft Bombay hatte 1893—1895 eine Gesamtsterblichkeit

von 29,4 Promille, an welcher die europäische Bevölkerung (Christen) mit nur 22 Promille teilnahm. Berlin hatte 1816—1820 30,6 Promille Sterblichkeit, die sich 1831—1840 auf 32,0 Promille steigerte, um erst 1896—1900 auf 18 Proz. abzufallen [45]. Bombays Christen sind von den glänzenden Ergebnissen Berlins nicht sehr weit entfernt und stehen in ihrer Mortalität günstiger als die gesamte Bevölkerung von Westpreußen mit 23,9 Promille oder von Ostpreußen mit 23,7 Promille.

So kann also Quatrefages noch recht behalten mit seiner Ansicht, daß die Akklimatisation im wesentlichen eine Frage der Hygiene ist.

Literatur:

1) Akklim. und Tropenhygiene in Weyls Handb. d. Hygiene 1896, **1**, 310.
2) Arch. f. Schiffs- und Tropenhyg. 1908, Beihefte **12** (86) 9.
3) loc. cit. S. 17.
4) vgl. Arch. f. Schiffs- u. Tropenhyg. 1900, S. 205.
5) Tropenhygiene. Sammlung Göschen 1908, S. 88.
6) Arch. f. Schiffs- u. Tropenhyg. **5**, 18.
7) loc. cit. S. 8.
8) Nocht, loc. cit. S. 86.
9) Schellong, Weyls Handb. d. Hyg. **1**, 339.
10) Tropical life as it affects life assurance. Ref. Arch. f. Schiffs- u. Tropenhyg. 7, 389.
11) Weyls Handb. **1**, 339.
12) On the Rate of Mortality among the Natives compared with that of Europeans in India. Journ. Inst. Actuaries XVI, 1871, zit. nach Westergaard, 2. Aufl., S. 437.
13) nach Prinzing, Handb. d. med. Statist. S. 271.
14) Westergaard, loc. cit. S. 438, Prinzing, loc. cit. S. 509.
15) vgl. Virchow über Akklimatisation, Verh. d. Vers. deutscher Naturf. u. Ärzte in Straßburg 1885.
16) Berl. klin. Woch. 1901, S. 50.
17) Sterblichk. der Stadt Budapest 1886—1890, Berlin 1898, S. 40, zit. v. Prinzing, loc. cit. S. 522.
18) Schellong, loc. cit. S. 330.
19) L'acclimatation des races humaines. Rev. de deux mondes, Paris 1870.
20) In Ruges Referat über Steuber, Die Verwendbarkeit europ. Truppen in tropischen Kolonien vom gesundh. Standp. Arch. f. Tropenhygiene 1907, **11**, 432.
21) O. Loew, Münch. med. Wochenschr. 1908, **30**, 1586.
22) Arch. f. Hyg. **38**, 159.
23) loc. cit. S. 351.
24) Tropenhygiene. Leipz. 1908, S. 71/72.
25) Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. 1902, **34**, 411.
26) Arch. f. Schiffs- u. Tropenhyg. **5**, Sep.-Abd. S. 24.
27) Külz, Zur Hygiene des Trinkens in den Tropen. Flensburg 1895, ref. im Arch. f. Schiffs- u. Tropenhyg. **11**, 627, vgl. Rho in Menses Handb. der Tropenkrankheiten **1**, 276.
28) Z. f. Hyg. 1900, **34**, 206; Z. f. Hyg. 1908, **58**, 139, X. Congr. intern. contre l'alcoolisme Budapest 1905, S. 45.
29) Annales antialcooliques Apr. 1905, ref. Arch. f. Schiffs- u. Tropenhyg. **11**, 627.
30) Berl. klin. Wochenschr. 1901, S. 12.
31) Arch. f. Schiffs- u. Tropenhyg. **12**, Beihefte S. 90.
32) ebda. S. 89.
33) Über die Geschichte der „armen Weißen“ s. Schilling, l. c. S. 187; Schellong, l. c. S. 326.
34) Bei Macdonald, Virchows Jahresb. 1908, S. 498/9.
35) Tropenhygiene. Leipzig 1908, S. 89.
36) Grundzüge der Tropenhygiene 1900, S. 8.
37) Vgl. Rassenpathol. Verh. d. intern. med. Kongr. Berlin und akad. Vorträge Amsterdam 1894, zit. n. Däubler, loc. cit. S. 15.

38) loc. cit. S. 48/49.
39) loc. cit. S. 11.
40) Charles Lesieur, Climatologie in Brouardel et Mosnys Traité d'hygiène. J. Lind schrieb das Werk: Die Krankheiten der Europäer in heißen Klimaten (Übersetzung Leipzig 1773).
41) loc. cit. S. 182.
42) Journ. trop. med. hyg. 1. Mai 1908, ref. in Virch. Jahresb. 1908, S. 498/9.
43) Arch. f. Schiffs- u. Tropenhyg. **11**, Beiheft 5, S. 23.
44) loc. cit. S. 88.
45) Prinzing, Handb. d. med. Statistik. Jena 1906, S. 532 u. 507.

Einfluß der Jahreszeiten auf Morbidität und Mortalität [1].

Nicht nur die Gesamtheit der meteorologischen Faktoren einschließlich der endemischen Erkrankungen einer bestimmten Örtlichkeit, also das Klima, sondern auch der jeweilige Zustand der physikalischen Vorgänge der Atmosphäre während eines kleineren Zeitabschnittes, die Witterung, übt einen Einfluß auf die Gesundheit der Bewohner aus.

Da das Wetter, wenigstens in den gemäßigten Zonen, mit ihren ausgeprägten Jahreszeiten typische Veränderungen im Laufe eines Jahres aufweist, so ergäbe eine Erkrankungsstatistik wertvolle Aufschlüsse über den Zusammenhang von Wetter und Befinden. Leider verfügen aber selbst die hygienisch vorgeschrittenen Staaten noch nicht über eine verläßliche und auf große Zahlenreihen sich stützende Morbiditätsstatistik. Auch die übrigens meist mangelhaft geübte Anzeigepflicht der Ärzte orientiert uns nur über eine beschränkte Anzahl von Infektionserkrankungen. Im besten Falle ist also das hierdurch gewonnene Ergebnis ein lückenhaftes.

Die Tafeln für die Gesamtsterblichkeit, geordnet nach jahreszeitlichen Abschnitten liefern infolge der verschieden langen Dauer der, etwa dem Witterungseinflusse zuzuschreibenden Erkrankungen auch keine richtigen Vorstellungen. So kann die durch Erkältung im Frühjahre erworbene Lungenentzündung die Ansiedelung des Tuberkelbazillus begünstigen und erst im Herbste zum Tode führen.

Erschwert wird die Übersicht auch dadurch, daß verschiedene Lebensalter auf die Witterung entgegengesetzt reagieren. Dem Greise ist der Winter und das Frühjahr, dem zarten Kindesalter der Hochsommer gefährlicher.

Trotz der vielen Unebenheiten ergibt sich, daß in den darauf untersuchten Ländern der gemäßigten Zone der Winter eine Erhöhung der Sterblichkeit mit sich bringt, die fast stets mit der höchsten Sterblichkeit des ganzen Jahres zusammenfällt. Neben dieser Winterakme besteht häufig ein zweites Ansteigen der Sterbefälle im Sommer, das z. B. in Rußland — nach der folgenden Tabelle — zum Hauptmaximum wird, in manchen Ländern, Schweden, Norwegen, Schweiz völlig fehlt oder, Österreich, Frankreich, nur angedeutet ist.

Die Tabelle S. 753 zeigt nach den Zusammenstellungen von Bodio [2] die Verteilung der Todesfälle auf die einzelnen Monate, diese zu 30 Tagen berechnet. Da sich die Zahlen auf 1200 Todesfälle beziehen, so entfallen, eine gleichmäßige Verteilung vorausgesetzt, auf jeden Monat 100 Todesfälle. Die Abweichung von diesem Mittelwerte gibt daher einen Anhaltspunkt über den Einfluß der Jahreszeit.

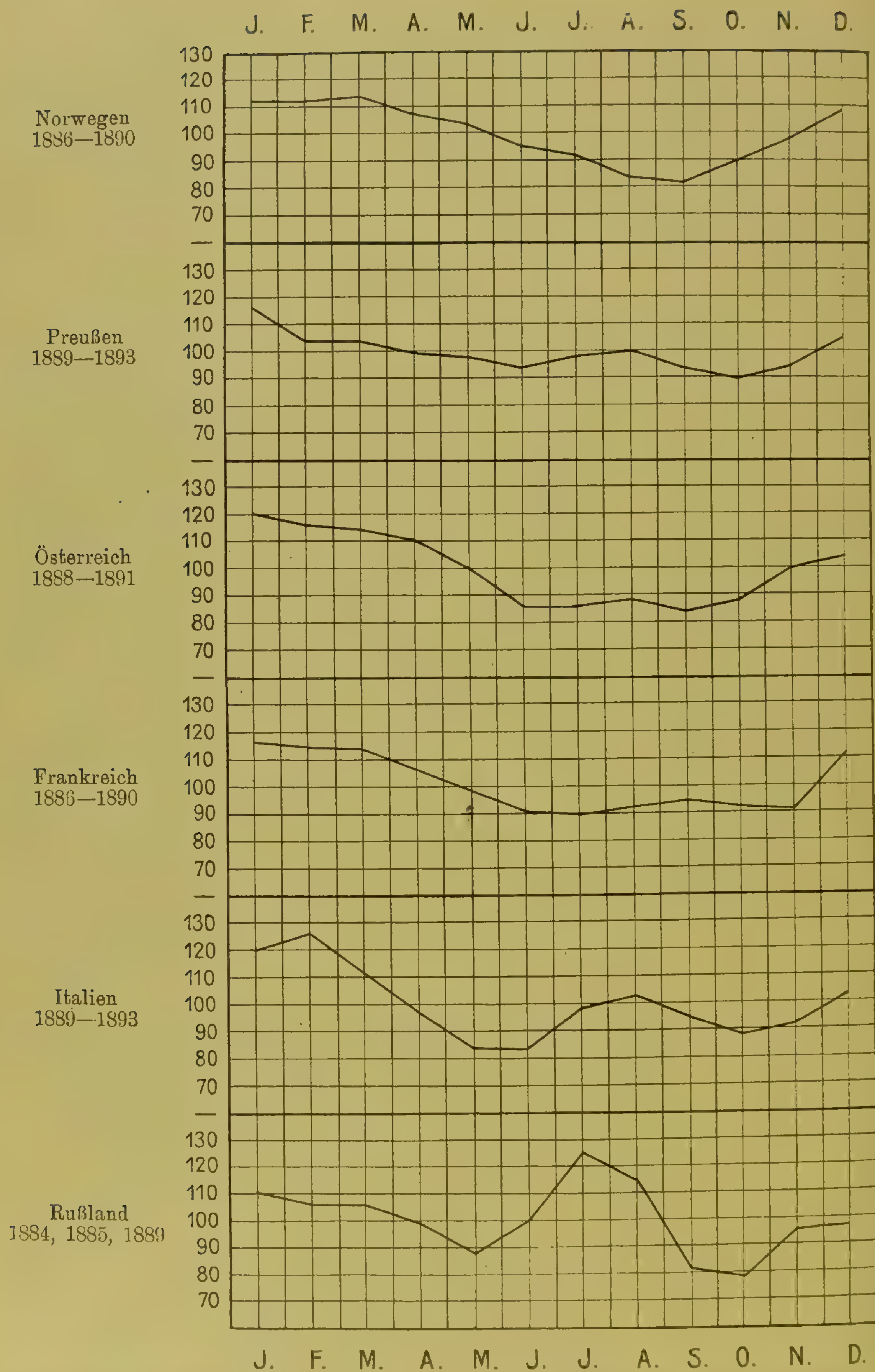


Fig. 123. Todesfälle in den einzelnen Monaten (für je 1200 Todesfälle eines Jahres).

Todesfälle in den einzelnen Monaten (für je 1200 Todesfälle).

Monat	Schweden 1889—93	Norwegen 1886—90	Preußen 1889—93	Österreich 1888—92	Frankreich 1886—90	Italien 1889—93	Rußland 1884, 85, 89	Schweiz 1881—90	Massachusetts 1888—92	Brit.-Indien 1894—98
Januar	134	112	116	121	117	120	110	119	119	100
Februar	119	112	104	117	115	126	106	117	98	87
März	114	114	104	115	115	111	106	122	100	90
April	110	108	100	109	106	97	99	118	101	96
Mai	105	104	97	99	97	84	88	105	94	95
Juni	91	96	94	87	91	83	100	94	84	90
Juli	85	93	98	86	89	98	125	89	109	89
August	78	84	101	89	92	103	115	86	119	102
September	77	82	94	85	94	95	81	82	101	105
Oktober	81	89	90	88	92	88	78	82	91	113
November	94	98	95	99	91	92	95	86	86	119
Dezember	112	108	107	105	101	103	97	99	98	114

Noch deutlicher zeigt das für einige Staaten gezeichnete Diagramm S. 752 die jahreszeitlichen Schwankungen.

In allen Ländern der gemäßigten Zone findet sich also eine hohe Sterblichkeit im Winter, während der Frühsommer und der Herbst die geringste Mortalität aufweisen. Das Sommermaximum ist am ausgebildetsten in Rußland, sodann in Italien. Auch in Massachusetts (zwischen 40 und 45° n. Br. in den Vereinigten Staaten von Nordamerika) erhebt sich die Sommerakme zur winterlichen Höhe der Sterblichkeit. In Britisch-Indien (trop. und subtropisches Klima) fällt das Maximum der Sterblichkeit in den Beginn der kühlen Jahreszeit (Oktober bis Dezember). Am Ende der kühlen Jahreszeit sinkt die Sterblichkeit ab, um sich während der darauffolgenden heißen Jahreszeit April und Mai zu einer kleinen Akme zu erheben. Im Beginne der Regenzeit (Juni, Juli) ist ein zweites Minimum, das in den darauffolgenden Monaten (Ende der Regenzeit und Beginn der kühlen Zeit) sich allmählich zum Maximum ausbildet. Dagegen fehlt, wie bereits hervorgehoben, die Sommerakme vollständig in Schweden, Norwegen und der Schweiz.

Eine besonders hohe Sommerakme zeigen einzelne Städte. Als Beispiel führen wir Hamburg und Posen an. In Hamburg verteilen sich 100 Todesfälle nach den mittleren Ergebnissen der Jahre 1872—1896 auf die einzelnen Monate folgendermaßen [3]:

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
8,4	8,5	8,2	8,1	8,3	7,8	8,2	9,5	9,9	7,2	7,7	8,2

In graphischer Darstellung erhalten wir folgendes Diagramm:



Fig. 124. Jahreszeitliche Verteilung der Todesfälle in Hamburg (für je 100 Todesfälle) 1872—1896.

Es ist interessant, daß diese Sommerakme nur durch die Sterblichkeit der Kinder unter einem Jahre hervorgerufen wird. Dies erkennt man, wenn man die Sterbefälle nach Altersklassen ordnet, wie dies in der nachfolgenden Tabelle und graphischen Darstellung geschehen ist [4].

Alter	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Im Jahr
0—1 Jahr	23,2	22,7	21,1	20,5	20,8	25,5	29,5	34,4	30,6	21,8	20,7	22,8	289,6
1— 5 Jahre	3,1	3,3	3,3	3,5	3,7	3,5	3,0	3,4	3,6	2,5	2,9	3,1	38,9
5—15 „	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	6,3
15—25 „	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	6,0
25—50 „	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9	1,1	1,2	0,9	1,0	1,0	12,5
50—70 „	3,0	3,0	3,1	2,9	2,8	2,5	2,1	2,6	2,8	2,4	2,8	2,8	32,8
über 70 „	11,6	11,6	10,9	10,8	10,5	8,9	7,4	7,6	8,2	8,2	10,7	10,9	117,3

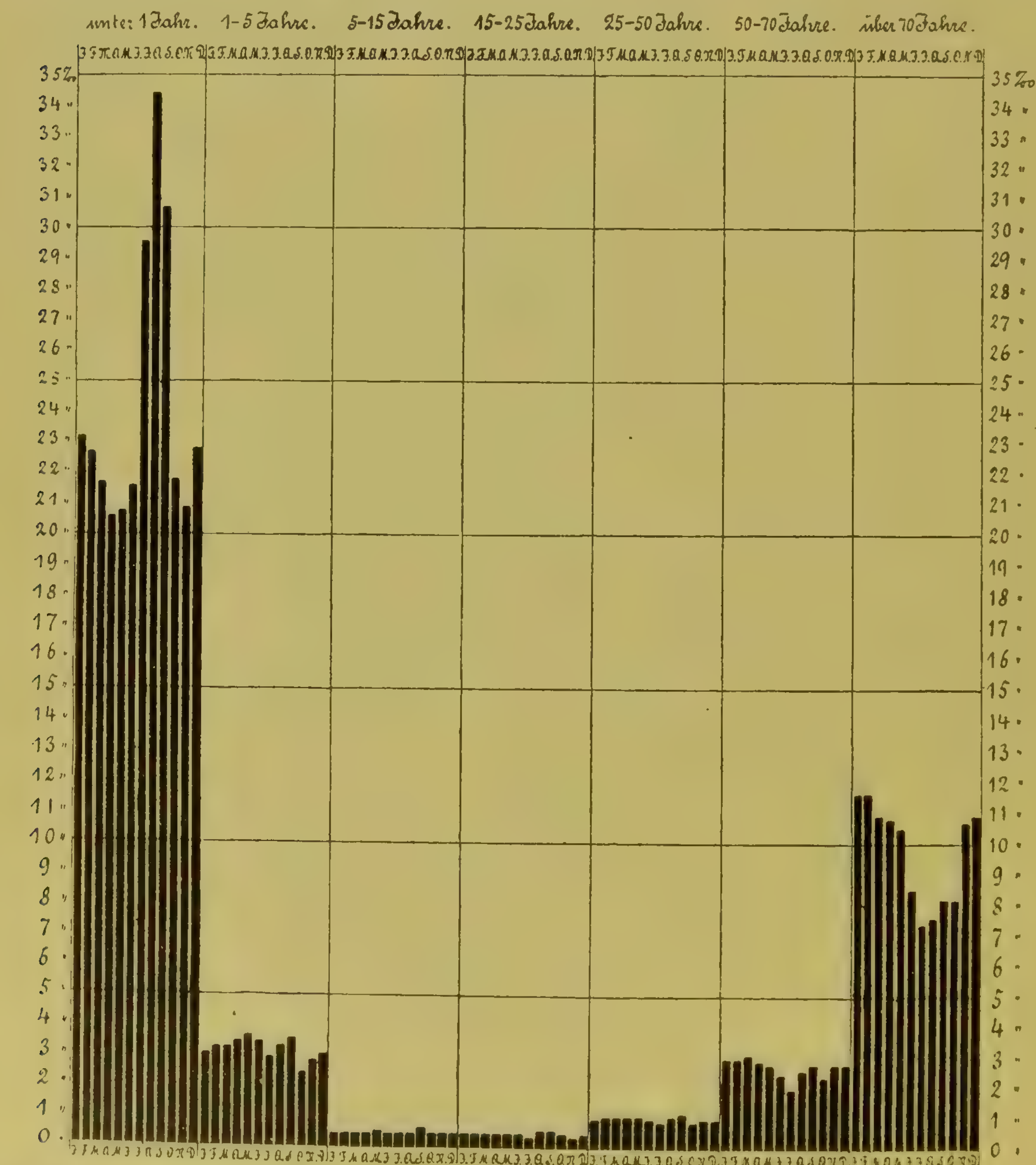


Fig. 125. Sterblichkeit der verschiedenen Altersklassen in den einzelnen Monaten, berechnet auf 1000 Lebende derselben Altersklassen. Hamburg 1872—1896.

Man sieht, daß das zarte Kindesalter eine außerordentliche Sommermortalität aufweist, worauf Angaben von Baginsky [5], Hirsch [6], Renk [7], Prausnitz [8] u. a. bereits hinweisen. Vom 5. bis etwa zum 50. Lebensjahre üben die Jahreszeiten keinen ersichtlichen Einfluß auf die Sterblichkeit aus, während im vorgerückten Lebensalter, besonders vom 70. Jahre an, eine Winterakme und eine Absenkung der Sterblichkeit im Sommer hervortritt.

Ein analoges Beispiel aus der nordamerikanischen Statistik (Registration Cities) bringt Westergaard [9]. Demnach starben täglich:

	Männlich			Weiblich		
	0—5 Jahre	5—60 Jahre	über 60 Jahre	0—5 Jahre	5—60 Jahre	über 60 Jahre
Juni 1889	230	177	62	197	149	62
Juli	321	181	64	277	157	71
August	248	182	64	213	159	66
September	208	184	61	176	154	62
Oktober	168	194	67	142	166	75
November	157	187	69	130	160	70
Dezember	167	209	73	139	174	78
Januar 1890	210	321	109	171	266	126
Februar	190	218	81	158	192	87
März	198	216	84	160	185	85
April	195	201	79	160	167	80
Mai	176	178	71	143	150	68

Die Verhältnisse für Posen hat Landsberger für die Jahre 1877—1881 zusammengestellt.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Morbidität	7,0	7,9	7,4	8,6	9,6	9,1	9,2	12,0	7,8	6,3	7,25	7,2
Mortalität	8,0	7,8	8,2	8,8	8,5	8,7	10,1	8,8	8,2	7,7	6,9	7,7

Auch in Posen ist die Sterblichkeit im Sommer eine hohe. Noch deutlicher ausgeprägt ist die Sommerakme bei der Morbidität. Während die letztere auf den August fällt, tritt die Akme für die Sterblichkeit schon im Juli auf. Die Erkrankungen im August sind demnach hinsichtlich des letalen Ausganges weniger gefährlich wie jene des Juli.

Daß sich Mortalitäts- und Morbiditätskurven nicht decken müssen, hebt Prinzing hervor. Häufig hinkt die Sterblichkeitskurve der Krankheitskurve nach, besonders bei Erkrankungen, die erst nach längerer Zeit zum Tode führen. Andrerseits kann ein und dieselbe Erkrankung zu gewissen Jahreszeiten (z. B. Pneumonie im Winter) gefährlicher sein, wodurch sich die Sterblichkeitskurve über jene der Morbidität erhebt [10].

Daß keineswegs die dichte Bewohnung allein, wie sie jeder Stadt zukommt, die Sommerakme bedingt, erhellt aus den Zahlen für Wien, die Herr Assistent Pressenhuber aus den wöchentlichen Ausweisen im österreichischen Sanitätswesen für die Jahre 1900—1909 mit dankenswertem Eifer berechnete. Für die 13 vierwöchentlichen Perioden ergibt sich folgende Verteilung der Todesfälle für je 100 Todesfälle des Jahres:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Todesfälle in Proz.	8,2	8,5	8,8	9,1	8,8	8,1	7,3	7,1	6,7	6,4	6,6	6,9	7,5

Verteilung der Todesfälle in Wien auf die 13 4wöchentlichen Berichtsperioden eines Jahres (in Prozenten der Todesfälle) 1900—1909.

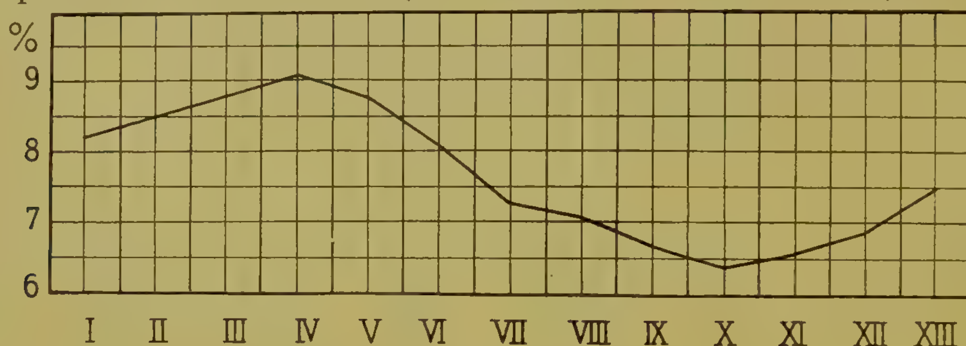


Fig. 126.

In Wien fehlt also die Sommerakme vollständig. Das Maximum der Sterblichkeit fällt in die 4. vierwöchentliche Periode (anfangs April). Die günstigen Verhältnisse im Sommer führt Weiß auf die leichteren Erwerbsverhältnisse in dieser Jahreszeit zurück, sowie auf den Umstand, daß viele,

Jahreszeitliche Verteilung der Todesfälle an Tuberkulose und Lungenentzündung in Wien 1900—1909 für je 100 Todesfälle der betreffenden Krankheitsgruppe.

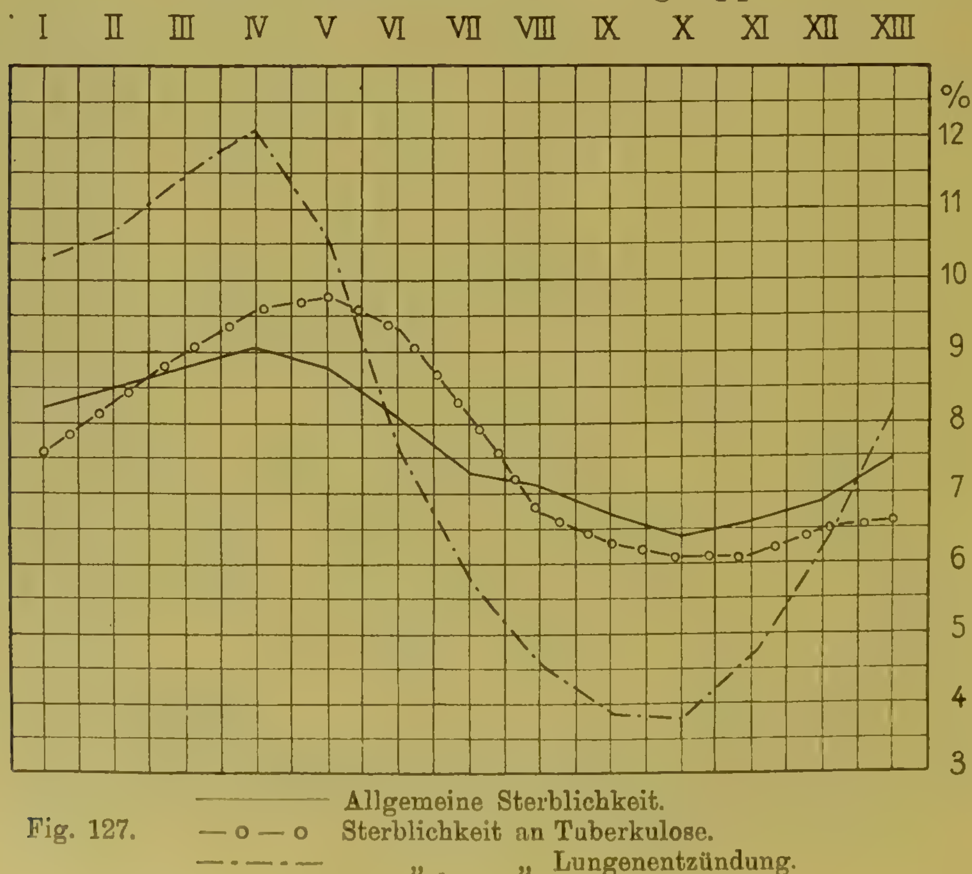


Fig. 127. ———— Allgemeine Sterblichkeit.
— o — o Sterblichkeit an Tuberkulose.
— - — - — „ „ Lungenentzündung.

besonders kränkliche Personen im Sommer auf dem Lande wohnen. Ferner fehlen in Wien fast vollständig in den Dachraum eingebaute, mangelhaft gegen hohe Temperaturen geschützte Mansardenwohnungen, die durch Verderb der Nahrungsmittel, besonders der Milch für das Kindesalter sehr gefährlich

Jahreszeitliche Verteilung der Todesfälle an Masern, Diphtherie, Keuchhusten und Scharlach in Wien 1900—1909 für je 100 Todesfälle der betreffenden Krankheitsgruppe.

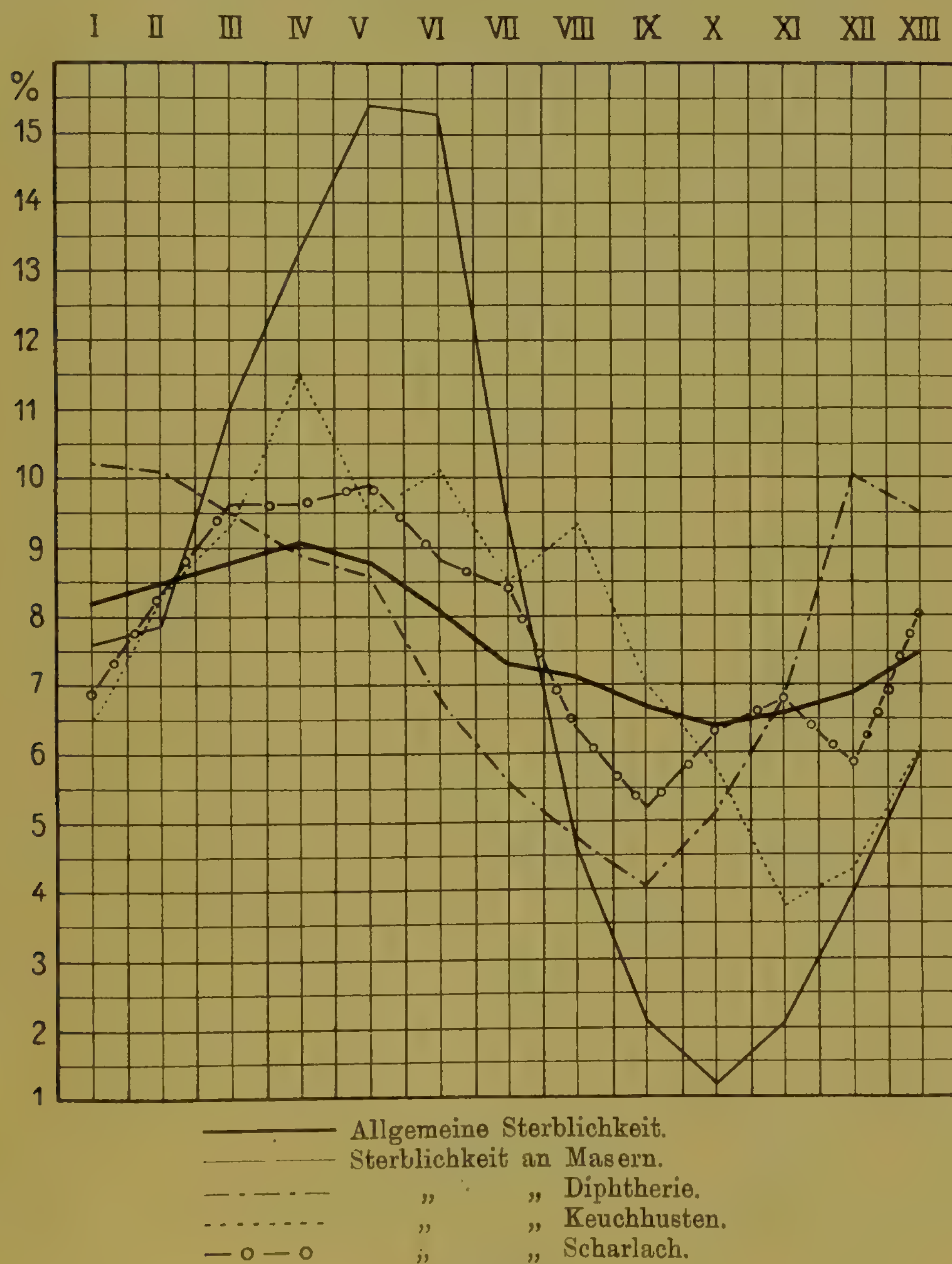


Fig. 128.

sind. Wir kommen auf die jahreszeitlichen Schwankungen der einzelnen Erkrankungen in Wien noch unten zurück.

Da die Sterblichkeitskurven von einer Reihe von Umständen beeinflußt werden, sind sie nicht als unveränderlich anzusehen, sondern oft starken Schwankungen unterworfen. Insbesondere kann das Nebenmaximum in ein-

zelnen oder sogar in mehreren aufeinander folgenden Jahren zum Hauptmaximum werden oder es kann umgekehrt eine Akme ganz ausbleiben. So erhob sich im Jahre 1901 [11], 1903 [12], 1904 [13] in Preußen das Neben-

Jahreszeitliche Verteilung der Todesfälle an Ruhr, Cholera infantum und Ileotyphus in Wien 1900—1909 für je 100 Todesfälle der betreffenden Krankheitsgruppe.



Fig. 129.

maximum zum Hauptmaximum. Dagegen verschwand dieselbe Akme im Jahre 1902 vollständig und wurde sogar zum Sterblichkeitsminimum [14]. Der Grund lag hier offenbar in der niedrigen Sommertemperatur des Jahres 1902, durch welche die Magen- und Darmerkrankungen hintangehalten wurden. Im Deutschen Reiche betrug die mittlere Lufttemperatur

im Jahre 1901: im Juli 19,3, im August 17,3
„ „ 1902: „ „ 16,9, „ „ 15,9.

Daß die Kinder der Wohlhabenden an den im Sommer auftretenden Magen- und Darmerkrankungen sich nicht oder nur in geringem Maßstabe beteiligen, hat u. a. Praußnitz erhoben [15]. Im böhmischen Schleifer-

Jahreszeitliche Verteilung der Todesfälle an Tuberkulose, Masern, Diphtherie, Lungenentzündung und Scharlach in Hamburg 1872 bis 1896 für je 100 Todesfälle der betreffenden Krankheitsgruppe.

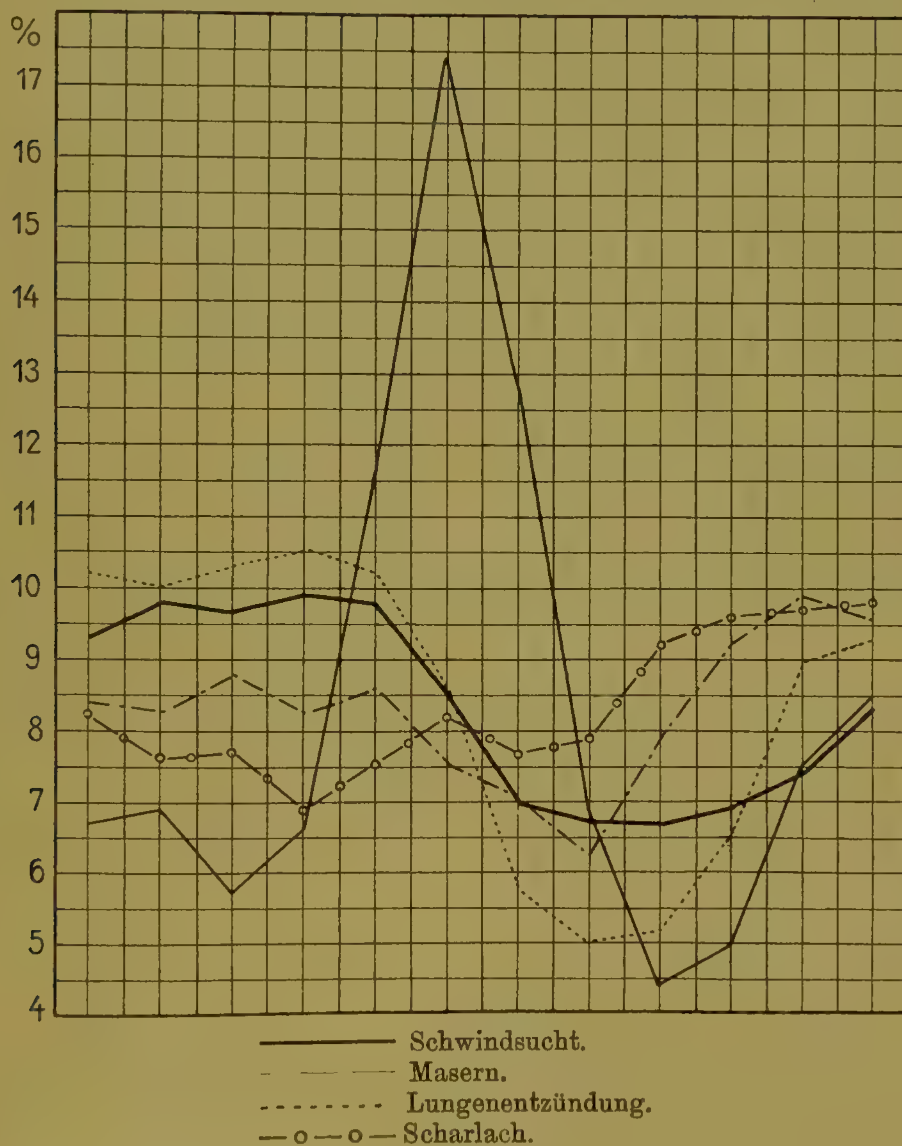


Fig. 130.

bezirke (Haida, Steinschönau), welchen der Verfasser und Schwiedland studierten, zeigte sich bei den Kindern der Schleifer eine Akme im Juli, die bei den Kindern der wirtschaftlich günstiger gestellten Kugler (Kunstschleifer) völlig fehlte [16].

Noch stärker als die allgemeine Sterblichkeit unterliegen einzelne Erkrankungen dem Einflusse der Jahreszeit. Gruppiert man die Krankheiten

Jahreszeitliche Verteilung nachbenannter Krankheiten in Wien nach den Summen der Todesfälle im Jahrzehnt 1900—1909, absolute Zahlen; Einteilung des Jahres in 13 vierwöchentliche Perioden.

Krankheit	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	Summe
Tuberkulose .	5754	6236	6740	7195	7367	6973	6071	5222	4783	4577	4528	4882	4940	75325
Lungenentzündung . . .	3431	3578	3853	4074	3558	2584	1925	1554	1317	1255	1572	2088	2701	33500
Scharlach . .	155	185	214	215	221	197	187	141	115	142	151	132	179	2234
Ileotyphus . .	67	45	45	55	44	43	43	73	86	76	66	57	61	761
Diphtherie . .	385	381	360	335	327	256	212	181	155	192	259	377	358	3778
Keuchhusten .	108	135	150	187	154	164	138	148	113	94	62	69	100	1622
Masern . . .	505	529	742	892	1028	1023	622	305	140	78	142	265	409	6680
Ruhr	3	1	1	1	4	2	7	5	12	13	7	7	5	68
Cholera infantum . . .	4	1	0	1	6	7	18	48	39	28	4	1	4	161
Gesamtsterblichkeit . .	27881	28612	29873	30868	29716	27460	24863	24163	22785	21653	22215	23482	25154	338725

Die vorige Tabelle, ausgerechnet in Prozenten.

Krankheit	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	Summe
Tuberkulose .	7,6	8,3	9,0	9,6	9,8	9,3	8,1	6,7	6,3	6,1	6,1	6,5	6,6	100 Proz.
Lungenentzündung . . .	10,3	10,7	11,5	12,1	10,6	7,7	5,8	4,6	3,9	3,8	4,7	6,2	8,1	„
Scharlach . .	6,9	8,3	9,6	9,6	9,9	8,8	8,4	6,3	5,2	6,3	6,8	5,9	8,0	„
Ileotyphus . .	8,8	5,9	5,9	7,2	5,8	5,6	5,6	9,6	11,3	10,0	8,7	7,6	8,0	„
Diphtherie . .	10,2	10,1	9,5	8,9	8,6	6,8	5,6	4,8	4,1	5,1	6,8	10,0	9,5	„
Keuchhusten .	6,5	8,3	9,3	11,5	9,5	10,1	8,5	9,3	7,0	5,8	3,8	4,3	6,1	„
Masern . . .	7,6	7,9	11,1	13,3	15,4	15,3	9,3	4,6	2,1	1,2	2,1	4,0	6,1	„
Ruhr	4,4	1,5	1,5	1,5	5,9	2,9	10,3	7,3	17,6	19,1	10,3	10,3	7,4	„
Cholera infantum . . .	2,4	0,6	0,0	0,6	3,7	4,3	11,2	30,0	24,3	17,5	2,4	0,6	2,4	„
Gesamtsterblichkeit . .	8,2	8,5	8,8	9,1	8,8	8,1	7,3	7,1	6,7	6,4	6,6	6,9	7,5	„

von diesem Standpunkt aus, so können wir solche mit einer Sommerakme jenen gegenüber stellen, bei denen die häufigsten Todesfälle im Winter oder im Frühjahre eintreten. Überdies gibt es Krankheiten (Neubildungen, venerische Krankheiten, Keuchhusten u. a.), bei denen eine gesetzmäßige Beziehung zur Jahreszeit nicht feststellbar ist. Alle Erhebungen, denen die Mortalität zugrunde liegt, geben aber nur ein unvollkommenes Bild von der Häufigkeit der Erkrankungen. Es erscheinen dadurch nicht nur jene Krankheiten unberücksichtigt, welche nicht zum Tode führen, sondern es entstehen auch Trugbilder, da die Erkrankungen hinsichtlich ihrer Mortalität sich zu verschiedenen Zeiträumen verschieden verhalten und auch unabhängig von der Jahreszeit häufiger oder seltener zum Tode führen. Ein besseres Bild würde nur die Morbiditätsstatistik gewähren; leider ist, wie schon eingangs hervorgehoben, das einschlägige statistische Material ein sehr lückenhaftes.

Nach den Sterbetafeln von Wien für die Jahre 1900—1909 ergeben sich für Tuberkulose, Pneumonie, Scarlatina, Ileotyphus, Diphtherie, Keuchhusten, Masern, Ruhr, Cholera infantum die Zahlen der Tabelle S. 760).

Übersichtlicher tritt der Einfluß der Jahreszeiten hervor, wenn die Zahlen für einzelne Erkrankungen graphisch dargestellt werden. (Fig. 127—129.) Hierbei zeigt sich die allenthalben beobachtete Erscheinung, daß sich die Erkrankungen des Magen-Darmtraktus im Sommer zu einer gewaltigen Höhe erheben, wobei noch zu beachten ist, daß das Diagramm Fig. 129 im halben Höhenmaßstabe, gegenüber den Diagrammen Fig. 127 und 128 gezeichnet wurde. Dagegen zeigen die Erkrankungen der Respirationsorgane im Winter, bzw. im Frühjahre einen Anstieg und gehen im Sommer fast gänzlich zurück.

Weiters geben wir für Hamburg in Zahlen und in graphischer Darstellung (Fig. 130, 131) die Verteilung der Sterbefälle an einigen Krankheiten geordnet nach Monaten. Als Quelle wurde das ausgezeichnete Werk: Die Gesundheitsverhältnisse Hamburgs (1901) verwendet.

Jahreszeitliche Verteilung der Sterblichkeit an nachbenannten Krankheiten in Hamburg (1872—1896) in absoluten Zahlen und in Prozenten. (Nur die Zahlen für Cholera asiatica beziehen sich auf Erkrankungsfälle und die Jahre 1831—1894.)

		Diphtherie	Schwindsucht	Masern	Scharlach	Lungenentzündung	Herzkrankheiten	Ileotyphus	Durchfall und Brechdurchfall	Keuchhusten	Cholera asiatica **nach den Erkrankungsfällen 1831—1894**
Jan.	abs. Zahl	770	3440	265	325	2064	1061	511	1645	444	47
	Proz.	8,4	9,3	6,7	8,2	10,2	9,1	11,59	5,5	9,5	0,13
Febr.	abs. Zahl	675	3250	247	268	1829	1008	398	1453	354	1
	Proz.	8,3	9,8	6,9	7,6	10,0	9,6	9,93	5,5	8,5	0,002
März	abs. Zahl	797	3584	221	307	2087	1070	374	1157	420	1
	Proz.	8,8	9,7	5,7	7,7	10,3	9,1	8,48	4,0	9.0	0,002
April	abs. Zahl	730	3553	253	263	2049	1002	276	987	287	18
	Proz.	8,3	9,9	6,6	6.9	10,5	8,9	6,47	3,5	6.4	0,05
Mai	abs. Zahl	785	3617	453	299	2058	1008	263	1043	326	234
	Proz.	8,6	9,8	11,5	7,5	10,2	8,6	5,97	3,5	7,1	0,63
Juni	abs. Zahl	667	3038	668	314	1588	885	228	1935	287	1583
	Proz.	7,6	8,5	17,4	8,2	8,1	7,8	5,34	6,7	6,4	4,41

		Diphtherie	Schwindsucht	Masern	Scharlach	Lungenentzündung	Herzkrankheiten	Ileotyphus	Durchfall und Brechdurchfall	Keuchhusten	Cholera asiatica **nach den Erkrankungsfällen 1831—1894**
Juli	abs. Zahl	644	2599	513	304	1165	804	242	4656	323	2774
	Proz.	7,1	7,0	12,9	7,7	5,8	6,9	5,48	15,6	7,0	7,49
Aug.	abs. Zahl	576	2475	274	314	1015	858	327	6154	455	12458
	Proz.	6,3	6,7	6,9	7,9	5,0	7,4	7,43	20,7	9,8	33,65
Sept.	abs. Zahl	697	2393	169	353	1020	795	359	4830	436	15227
	Proz.	7,9	6,7	4,4	9,2	5,2	7,0	8,42	16,8	9,7	42,5
Okt.	abs. Zahl	836	2542	197	383	1305	853	416	2166	395	3499
	Proz.	9,2	6,9	5,0	9,6	6,5	7,3	9,44	7,3	8,6	9,46
Nov.	abs. Zahl	875	2648	287	370	1750	1046	419	1455	407	484
	Proz.	9,9	7,4	7,5	9,7	8,9	9,2	9,81	5,1	9,0	1,35
Dez.	abs. Zahl	879	3058	336	387	1883	1062	514	1709	442	121
	Proz.	9,6	8,3	8,5	9,8	9,3	9,1	11,64	5,8	9,0	0,33

Die Verhältnisse in Bayern hat Prinzing [17] für die Jahre 1893—1902 nach dem großen Materiale der Generalberichte über die Sanitätsverwaltung im Königreich Bayern berechnet und bearbeitet. (Diagramm S. 764, Fig. 132.)

Jahreszeitliche Verteilung der Sterblichkeit an nachbenannten Krankheiten in Bayern (1893—1902), für je 1200 jährliche Todesfälle. Nach Prinzing, Handb. d. med. Statistik, S. 412.

	Kruppöse Pneumonie	And. Lungenentzündung u. Pleuritis	Influenza	Lungentuberkulose	Krankheiten des Herzens	Altersschwäche	Masern	Scharlach	Diphtherie u. Krupp	Keuchhusten
Januar	123	119	111	99	103	115	97	110	145	99
Februar	135	138	177	109	104	116	108	128	125	114
März	152	155	277	122	106	118	103	108	106	124
April	148	146	200	129	106	116	108	98	95	115
Mai	121	120	91	124	105	105	122	104	75	104
Juni	90	89	35	112	101	95	137	103	65	93
Juli	62	69	15	96	95	87	99	105	59	100
August	49	58	12	86	93	78	66	85	68	106
September . . .	48	50	10	79	87	77	46	71	83	100
Oktober	64	63	16	76	92	80	72	90	104	78
November . . .	94	87	81	80	103	97	107	96	131	78
Dezember . . .	114	106	175	88	105	116	135	102	144	89

Weiters seien noch die von Behrens [18] für die Sterblichkeit und Erkrankungshäufigkeit an Diphtherie, Typhus und Scharlach für das Großherzogtum Baden erhobenen Daten mitgeteilt (S. 764). Das Material wurde den statistischen Mitteilungen für Baden und handschriftlichen Akten des statistischen Landesamtes entnommen. (Diagramm Fig. 133.)

Jahreszeitliche Verteilung der Sterblichkeit an Durchfall und Brechdurchfall, und Keuchhusten in Hamburg für die Jahre 1872 bis 1896 und jahreszeitliche Verteilung der Erkrankungsfälle an Cholera asiatica in Hamburg für die Jahre 1831—1894 für je 100 Fälle der betreffenden Krankheitsgruppe.

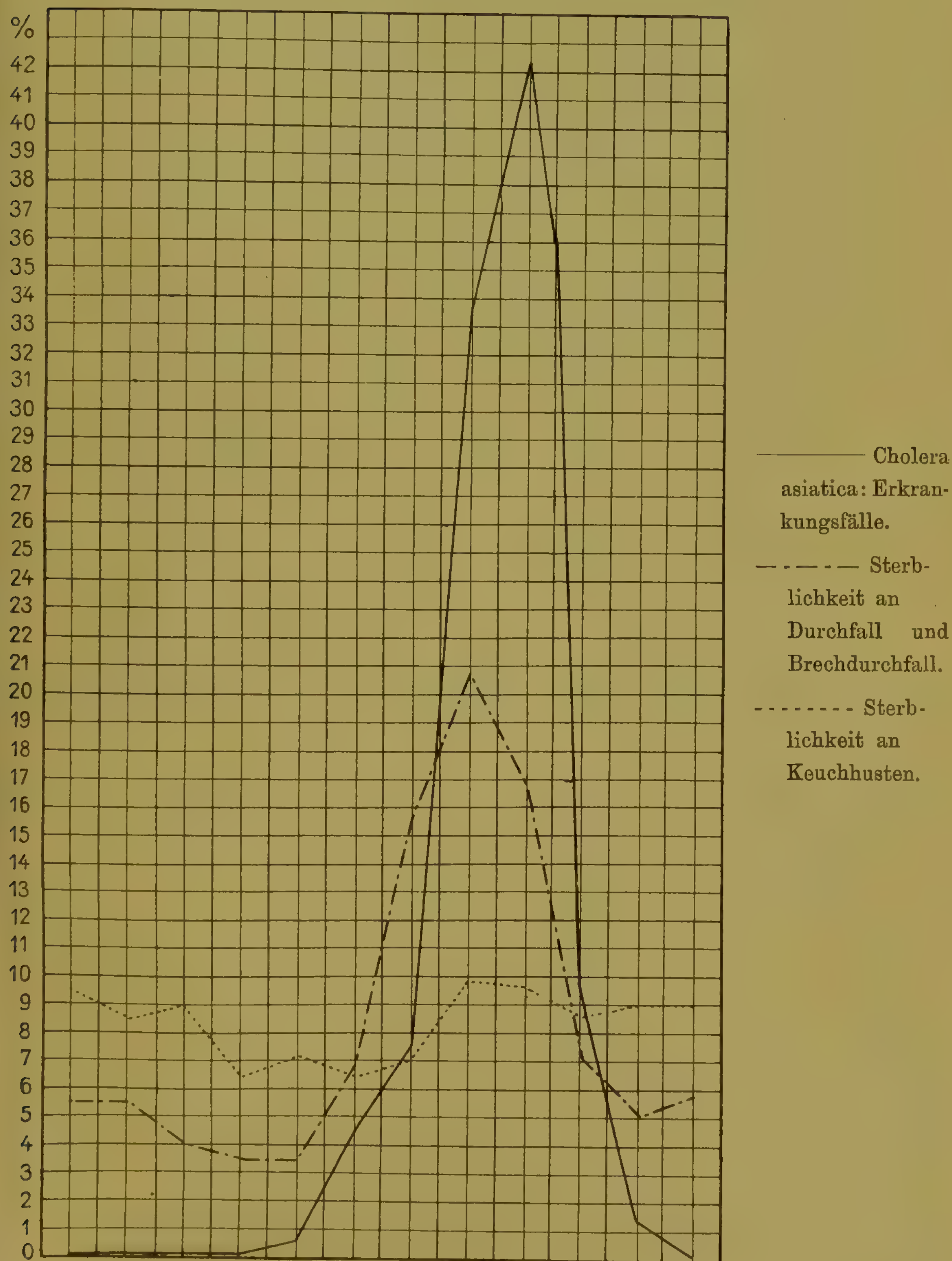


Fig. 131.

Jahreszeitliche Verteilung der Sterblichkeit in Bayern für die Jahre 1893—1902 an Lungentuberkulose, Masern, Keuchhusten, Diphtherie, Scharlach für je 1200 Todesfälle der betreffenden Krankheitsgruppe.

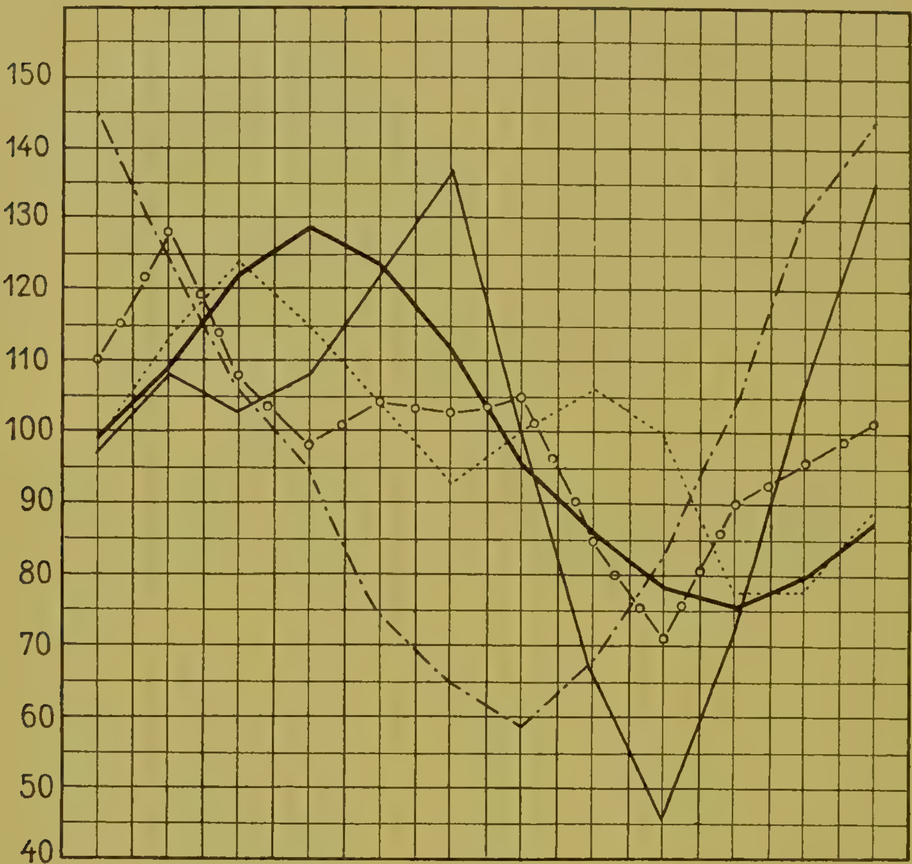


Fig. 132. ———— Sterblichkeit an Lungentuberkulose. ———— Sterblichkeit an Masern. - - - - - - - - - Sterblichkeit an Keuchhusten. — - — - — Sterblichkeit an Diphtherie. —o—o— Sterblichkeit an Scharlach.

Jahreszeitliche Verteilung der Morbidität und Mortalität für Diphtherie, Typhus und Scharlach für die Jahre 1888—1897. (Großherzogtum Baden.)
In Prozenten der Todesfälle.

	Diphtherie		Typhus		Scharlach		Masern
	Morbidität	Mortalität	Morbidität	Mortalität	Morbidität	Mortalität	Mortalität
Januar	10,28	10,6	5,7	8,1	9,6	11,3	11,0
Februar	9,2	9,3	5,0	6,3	8,5	9,2	8,4
März	9,39	9,2	5,89	7,8	9,9	11,7	9,4
April	7,7	8,1	4,98	6,0	9,8	11,3	8,0
Mai	7,4	7,6	7,2	6,4	9,69	10,4	9,0
Juni	6,4	6,0	5,78	6,9	9,0	10,1	8,6
Juli	5,28	5,3	8,9	8,1	6,3	6,0	6,4
August	6,6	6,3	13,19	10,2	6,5	6,0	6,4
September	7,28	6,9	13,3	9,8	6,58	6,2	4,1
Oktober	8,3	9,6	11,88	11,6	7,0	6,0	6,7
November	9,8	9,5	10,99	9,7	7,8	5,2	8,9
Dezember	11,3	11,0	7,3	8,6	8,6	6,0	12,5

Jahreszeitliche Verteilung der Sterblichkeit im Großherzogtum Baden in den Jahren 1888—1897 an Diphtherie, Typhus, Scharlach für je 100 Todesfälle der betreffenden Krankheitsgruppe.

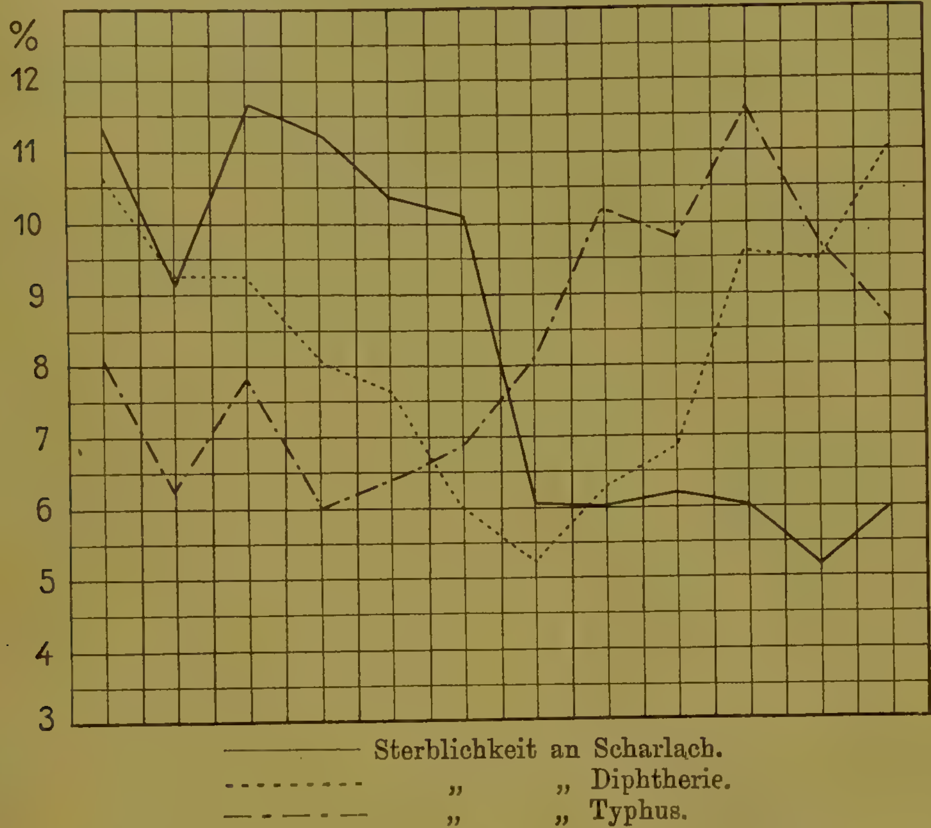


Fig. 133.

Eine gründliche Bearbeitung hat das Material von Graz aus den Jahren 1900—1908 (für die Masern 1899—1907) erfahren.

Jahreszeitliche Verteilung der Morbidität an folgenden Erkrankungen in Graz, in Prozenten. Nach Praußnitz, aus Handbuch der Kinderheilkunde von Pfaundler und Schloßmann, Bd. I, p. 120.

Erkrankung	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Typhus	4,8	4,2	6,0	4,8	8,5	10,1	13,2	8,3	12,6	12,1	10,1	5,4
Scharlach	8,5	9,3	7,9	10,0	9,4	8,4	8,3	4,6	5,0	9,5	9,9	9,2
Schafblattern . .	13,3	12,5	14,0	8,4	8,1	6,4	2,8	1,0	1,2	5,1	12,0	15,2
Röteln	6,6	10,0	21,1	21,1	22,4	9,5	2,3	0,4	0,0	0,4	1,9	4,3
Rotlauf	9,6	8,8	12,1	10,2	10,1	7,7	7,2	6,4	5,6	6,5	7,4	8,4
Mumps	8,6	10,5	13,0	18,1	12,3	8,9	2,9	0,7	1,0	3,3	8,6	12,1
Diphtherie	8,6	8,7	11,3	7,7	8,0	6,9	5,5	4,8	7,5	9,4	11,2	10,4
Keuchhusten . . .	10,4	7,3	7,8	8,7	12,0	14,4	10,6	5,9	6,5	4,0	5,6	6,8
Masern	9,4	13,5	18,9	19,0	15,1	5,6	1,2	0,5	0,3	1,0	4,4	11,1

Die folgenden 2 Tabellen über die Morbidität in Schweden (1861—1878) und Norwegen (1867—1876) wurden von Geißler [19] bearbeitet. Sie haben

dadurch noch immer Wert, daß sie ein sehr großes Material umfassen (z. B. für Darmkatarrh 330000, für Pneumonie und Pleuritis 290000, für Katarrhe der Respirationsorgane 900000 Fälle. — Am gleichen Orte bringt Geißler auch eine 40jährige Mortalitätsstatistik Bayerns.

Jahreszeitliche Verteilung der Erkrankungen an nachfolgenden Krankheiten in Schweden (1861—1878, für Abdominaltyphus 1875 bis 1878) für 1200 jährliche Todesfälle. Nach Geißler, Schmidts Jahrbücher 1880, Bd. 4, Sp. 84.

	Scharlach	Masern	Keuchhusten	Diphtherie	Krupp	Varicellen	Parotitis	Pocken	Abdom.-Typhus	Pneumonie u. Pleuritis	Bronchitis	Influenza	Wechselfieber	Ruhr	Cholerine
Januar	106	76	88	121	**144**	110	106	120	114	130	150	**223**	60	44	68
Februar	99	117	89	119	136	122	137	130	99	135	**160**	172	68	41	66
März	93	**146**	**81**	99	130	**138**	144	129	89	143	143	152	108	31	**61**
April	95	**145**	89	93	110	112	**158**	**156**	78	**155**	130	126	200	33	64
Mai	91	104	90	85	88	116	122	152	**63**	147	102	93	**233**	**30**	65
Juni	90	87	89	72	64	104	84	128	69	97	67	38	148	55	80
Juli	81	61	104	**69**	**45**	57	54	91	72	53	49	**27**	87	150	170
August	**80**	**51**	113	77	48	**49**	**53**	52	114	**40**	**46**	28	67	**292**	**231**
September	91	60	116	86	76	51	54	**41**	**131**	47	58	46	63	227	160
Oktober	118	87	117	112	108	79	80	43	130	66	82	76	61	149	93
November	**136**	134	**123**	**137**	128	128	104	68	128	88	104	92	57	94	75
Dezember	120	132	101	130	123	134	104	90	113	99	109	127	**48**	54	67

Jahreszeitliche Verteilung der Morbidität an nachfolgenden Krankheiten in Norwegen (1867—76) für 1200 jährliche Todesfälle. Nach Geißler, Schmidts Jahrbücher **4**, 84, 1880.

	Scharlach	Masern	Keuchhusten	Diphtherie	Krupp	Varizellen	Parotitis	Pocken	Pneumonie	Pleuritis	Bronchitis	Akuter Rheumatismus	Erysipel	Ruhr	Cholerine
Januar	122	99	96	**136**	**141**	128	136	144	134	122	**160**	**145**	**118**	98	76
Februar	110	99	99	120	132	93	149	161	141	124	152	141	113	89	74
März	103	121	88	112	134	118	**170**	157	145	124	132	125	109	72	68
April	92	**162**	93	89	105	103	148	142	151	**129**	112	115	108	61	68
Mai	90	120	89	88	84	101	101	172	**152**	120	96	104	99	65	**66**
Juni	85	101	**87**	79	64	94	94	133	94	106	72	92	94	**60**	87
Juli	80	88	107	79	**47**	66	51	78	50	83	53	71	85	113	157
August	76	48	110	**73**	50	**48**	**35**	46	**33**	73	**48**	**60**	**80**	**190**	**232**
September	**72**	**43**	111	87	89	65	41	34	38	**68**	62	62	82	143	140
Oktober	100	65	110	102	103	91	59	**27**	62	77	82	72	95	95	86
November	**137**	112	**114**	118	125	140	104	40	92	85	110	103	111	109	80
Dezember	133	142	96	117	126	**152**	112	66	100	89	121	110	106	105	**66**

Überblickt man die angeführten Zahlen, so fällt auf, daß einzelne Erkrankungen im Winter oder Frühjahre, andere hingegen im Sommer eine Akme aufweisen. Zu den typischen Winter- oder Frühjahrserkrankungen gehört die Tuberkulose.

Die Todesfälle erreichen ihr Maximum entweder im April und Mai (Bayern, Wien) oder März, April (Berlin im Jahrfünft 1892—1896) [20]. In Hamburg beginnt der Anstieg schon im Februar und dauert bis Mai, um

sodann stark abzusinken. Die geringste Sterblichkeit zeigen die Monate August und September (Hamburg, Berlin) oder September, Oktober (Bayern, Wien).

Eine ähnliche, jedoch in ihren Extremen noch stärker ausgeprägte Kurve zeigt die Pneumonie. Sie steigt mit Beginn des Winters, erreicht ihr Maximum im März (Bayern, Paris) oder April (Wien, Hamburg, Berlin) [21] und sinkt im September am tiefsten ab.

Einen annähernd gleichen jahreszeitlichen Verlauf zeigen nach Prinzing [22] auch Bronchitis und Influenza. Das gemeinsame ätiologische Moment stellt zweifellos die erhöhte Erkältungsgefahr in der kühleren und meist auch feuchteren Jahreszeit dar. So sehen wir für Bayern (Tab. S. 762) bei Influenza einen im November beginnenden Anstieg, der seinen Höhepunkt im März erreicht. Das Minimum ist im August und September.

Da Influenza und Bronchialkatarrhe dem höheren Alter sehr gefährlich sind, decken sich ihre Mortalitätskurven mit jenen der Erkrankungen mit Winterakme.

Die großen Seuchenzüge der Influenza zeigen ein von dem geschilderten Verhalten teilweise abweichendes Bild. Von den 125 Influenzaepidemien, welche Hirsch studierte, nahmen 50 ihren Anfang im Winter, 35 im Frühjahre, 24 im Herbste und nur 16 im Sommer. Bei der großen Infektiösität der Influenza, welche auf ihrem Zuge einfach dem Menschenverkehre folgt und bis zu 75 Proz. der Bevölkerung ergreift, kann es nicht verwunderlich erscheinen, wenn ihre pandemische Form zu jeder Jahreszeit, bei Hitze und Trockenheit, sich gelegentlich ausbreitet [23].

Neben der Erkältung dürfte bei den infektiösen Erkrankungen mit Winterakme auch die erhöhte Infektionsgelegenheit durch das gedrängtere Beisammensein der Leute in der kälteren Jahreszeit, besonders in den beengten und mangelhaft gelüfteten Wohnungen der Unbemittelten eine Rolle spielen. Vornehmlich dürfte dies für die Tuberkulose gelten.

Eine Erkrankung mit typischer Winterakme ist die Diphtherie, wie aus den vorstehenden Kurven zu ersehen ist. Ihr Maximum beginnt meist am Anfange des Winters, November, Dezember. Das Minimum tritt im Juli und August ein. Nach Behrens [24] vergleichenden Studien tritt die Diphtherie bei kalter oder mäßig warmer Temperatur und meist hoher Feuchtigkeit auf, um bei steigender Temperatur abzuklingen. Nach Rosenfeld [25] (für Wien) und Prinzing [26] (für Ulm) ist die Lebensgefährdung der Erkrankten im Winter größer als im Sommer.

Über die jahreszeitliche Verteilung der Scharlachfälle lauten die Angaben sehr schwankend. Meist tritt ein Absinken im Hochsommer auf, in Bayern im September, in Wien und Graz vom August an. In Hamburg ist das Minimum im April und ein Nebenminimum im Juli. Nach den Zahlen für Wien und das Großherzogtum Baden ist die größte Sterblichkeit im Frühjahre, während Hirsch [27] umgekehrt das Minimum in das Frühjahr verlegt. In Italien fällt das Maximum auf die Monate Oktober und November. Auch Behrens vermochte keinen Einfluß von Temperatur, Feuchtigkeit und Niederschlägen für den Scharlach aufzufinden. Offenbar spielt die Witterung eine nebensächliche Rolle.

Die Masern zeigen in Bayern, Wien und Hamburg ein Maximum ihrer Ausbreitung im Mai und Juni, worauf die Kurve sehr rasch bis zum beginnenden Herbste absinkt. Auch in Italien [28] fällt die Kurve von ihrem

Maximum im April und Mai jäh bis zum September, von welchem Monate an sie sich gleichmäßig zum Frühjahrsmaximum erhebt. In Schweden [28] fällt ebenfalls das Minimum in die heißeste Zeit, das Maximum aber schon in die ersten Jahresmonate. Ähnlich verhält es sich auch in Baden und in Graz [29]. Fraglich ist es allerdings, ob bei der großen Kontagiosität der Masern, die eine typische Schulkrankheit sind, die Jahreszeit eine größere Rolle spielt als die Möglichkeit oder der Ausschluß von Kontaktinfektionen. So führt Körösi [30] das Absinken der Masern im Hochsommer auf den Beginn der Schulferien zurück und stützt diese Behauptung durch die Angabe. daß mit der Verlegung der Ferienzeit auch die Masernkurve eine Änderung erfährt.

Unter den 213 Masernepidemien, welche Hirsch [31] studierte, fielen 76 auf das Frühjahr, 59 auf den Winter, 48 auf den Herbst und nur 30 auf den Sommer. Die Lebensgefährdung der Erkrankten soll nach Goldberg [32] bei niedrigen Außentemperaturen größer sein.

Die Pocken treten am stärksten im Winter, seltener im Frühjahre auf, wie dies Prinzing [33] für die spanischen Städte, Rußland, Paris und Wien gezeigt hat. In Kalkutta betrug in 29 Jahren die Zahl der Todesfälle im März 170, im April 160, in den Monaten Juli bis Dezember zwischen 4 und 20 [34]. Von den 99 Blatternepidemien in Europa und Nordamerika, die Hirsch [35] studierte, fielen 67 in die kalte Jahreszeit, und zwar 24 in den Frühling, 17 in den Winter, 16 in Winter und Frühjahr, 10 in Herbst und Winter. In die warme Jahreszeit fielen 32, und zwar 14 in den Sommer, 5 in den Herbst, 7 in den Frühling und in den Sommer, 6 in den Sommer und in den Herbst. Zur Erklärung der Winterakme wird das dichtere Beisammensein der Leute während der kälteren Jahreszeit, sowie die durch mangelhafte Reinigung und Lüftung der Kleidung und der Wohnungen bedingte Anhäufung der Ansteckungsstoffe hervorgehoben.

Die Versuche, beim Keuchhusten einen Einfluß der Jahreszeiten aufzufinden, haben nicht zu einem sicheren Ergebnis geführt. So erreichte die Erkrankung in den Jahren 1898—1902 in Wien [36] ihr Maximum im März und April, in Graz [37] in den Jahren 1900—1908 im Juni. Die Minima treffen für beide Städte im Oktober zusammen. Auch das Einsetzen der Ferienzeit scheint einflußlos. So haben wir in Bayern [38] das Hauptmaximum der Erkrankungen in den Monaten Juni bis September, dem zwei Minima im April und Oktober entgegenstehen. Die sonst den Erkrankungen des Respirationstraktus eigene Beeinflussung durch rauhe Witterung trifft bei der Pertussis nicht zu.

Eindeutiger sind die Ergebnisse bei der Parotitis epidemica [39]. Nach Prausnitz [37] fiel in Graz das Maximum der Erkrankungen auf den April. Das Minimum in die Monate August und September. Von 150 von Hirsch [40] daraufhin untersuchten Mumpsepidemien fielen 129 auf die kalte und nur 21 auf die warme Jahreszeit.

Für den Gelenkrheumatismus, dessen Beginn meist mit einer Erkältung zusammenfällt, ist der jahreszeitliche Einfluß nicht so scharf ausgeprägt, als man erwarten sollte [41]. In Bayern verhält sich die Zahl der Erkrankungen in der kalten Jahreszeit zu jener der warmen Monate annähernd wie 2:1 [42].

Das Erysipel ist nach Prinzing [43], nach den statistischen Aufzeichnungen für Norwegen, Ulm und Wien, eine Winter- bzw. Frühjahrskrank-

heit. Auch in Graz [44] fällt das Maximum auf die Monate März, April und Mai, wenn auch die Erkrankungszahlen im August und September noch verhältnismäßig beträchtliche sind.

Der Typhus exanthematicus trat nach den Ermittelungen von Sekiewicz in Galizien in den Jahren 1892—1903 vorwiegend als Frühjahrskrankheit auf und erreichte meist im Mai seinen Höhepunkt [45]. In Italien zeigte sich hingegen in den Jahren 1898—1902 eine Sommerakme im August. Das Maximum der Sterbefälle zeigte Rußland 1892—1897 und Schottland 1882 bis 1900 im April [46]. Nach Hirsch tritt die Akme der Flecktyphusepidemien vorherrschend im Winter und Frühjahre auf.

Über den Einfluß der Jahreszeiten auf den Typhus abdominalis sind die Angaben der Autoren nicht übereinstimmend. In den tropischen Ländern fällt die Hauptmenge der Erkrankungen auf die heiße Jahreszeit. Nach den neueren statistischen Angaben können wir für die gemäßigte Zone eine Akme im Spätsommer oder Herbste und ein Minimum im Frühjahre als das typische Verhalten ansehen (Hirsch [47], vgl. auch Weichselbaum in Weyl, Handb. d. Hyg., Bd. IX, S. 443). So fiel in Wien für die Jahre 1891—1900 und 1900—1909 das Maximum der Typhustodesfälle in den September bzw. August und September. In der ersten Periode findet man ein Nebenmaximum im März und April, in der zweiten im Dezember und Januar. In Graz [48] fällt die Hauptmasse der Erkrankungen auch auf den Herbst. Ein zweites, sehr hohes Maximum auf den Juli. Auf Grund sorgfältiger Erhebungen für Brünn, die Jahre 1882—1895 betreffend, leugnet Igl [49] einen Zusammenhang zwischen Typhusausbreitung und Jahreszeit. Aber auch aus Igls Kurven geht hervor, daß in Brünn der Herbst, besonders der Oktober die größte Typhusfrequenz aufweist. Das gleiche [50] gilt für Berlin (1891—1900), Breslau (1891—1900), Italien (1898—1902), die schwedischen Städte (1891—1900), Schweden (1875—1878) mit der Akme der Erkrankungen im September. Im St. Jakobsspital in Leipzig [51] (1880—1892) werden in den Monaten August und September die meisten Typhuskranken aufgenommen, wie aus der folgenden Tabelle zu ersehen ist.

Zahl der Aufnahmen an Typhuskranken im St. Jakobsspital in Leipzig (1880—1892), nach Monaten geordnet. Nach Curschmann in Nothnagels Pathol. u. Ther., Bd. III, Teil 1, S. 59ff.

	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	Summe
Januar	9	10	12	6	12	21	9	3	2	10	10	9	9	122
Februar	7	4	8	3	17	14	7	8	3	8	3	10	3	96
März	5	8	12	5	13	11	4	10	1	3	8	14	5	97
April	3	8	2	10	15	10	7	2	5	2	7	6	8	78
Mai	11	3	2	4	5	11	4	1	6	5	3	6	4	71
Juni	5	10	3	8	2	6	3	4	19	1	5	4	9	75
Juli	6	17	6	21	6	10	8	12	8	22	14	10	9	136
August	13	37	10	16	21	16	14	18	8	46	25	15	8	252
September	24	29	18	20	19	9	16	15	4	33	26	13	16	240
Oktober	17	21	5	11	10	5	23	16	9	30	18	12	7	193
November	9	27	6	13	8	4	9	7	7	23	11	10	17	150
Dezember	4	4	4	4	10	3	6	7	10	11	7	7	2	88

Für einzelne meteorologische Faktoren, wie Temperatur, Barometerstand, Sonnenschein ist ein Zusammenhang mit der Typhusausbreitung nicht feststellbar. Dagegen scheinen die Niederschläge eine Rolle zu spielen (Igl [52]

Behrens [53]), wobei aber nicht, entsprechend den älteren Angaben, die Grundwasserschwankungen eine Rolle spielen. Man hat vielmehr bei der für die meisten Fälle zweifellosen Verbreitungsart durch das Trinkwasser an eine Einschwemmung der Typhuskeime in Brunnen, Reservoire oder Leitungen zu denken. So gingen der Typhusepidemie in Obermais bei Meran im Herbste 1907 starke Regenfälle voraus, welche durch Überflutung von Senk- und Unratgruben die Keime in einen Bach schwemmten, der damals noch in Verbindung mit der Leitung gebracht werden konnte.

Die epidemische Ausbreitung der Cholera asiatica fällt in den gemäßigten Klimaten meist mit den heißen Monaten zusammen Von 920 Epidemien, die Hirsch [54] zusammenstellte, kamen 647, also 70 Proz. auf die vier Monate von Juni bis September. Sucht man von diesen 920 Epidemien jene 668 heraus, welche Länder mit einer 15° nicht übersteigenden Jahrestemperatur betreffen, so steigt der Prozentsatz der Sommerepidemien auf 74 Proz. [55].

Der Höhepunkt wird im August oder September erreicht, worauf die Seuche rasch absinkt, um entweder ganz zu verschwinden, oder in sporadischen Fällen auch in der kalten Jahreszeit gewissermaßen weiterzukriechen. Meist gaben gerade jene kleineren Winterepidemien, deren Ursprung und Ausbreitung sich leichter verfolgen und überblicken ließ, wertvolle Beweise für die Übertragung der Erkrankung durch infiziertes Wasser oder durch Berührung mit infizierten Kleidern, Wäsche usw.

Bei der eingehend studierten Choleraepidemie in Hamburg im Jahre 1892 wurde der erste Fall am 16. August bakteriologisch festgestellt. Am 20. August erkrankten 66 Personen, am 21. August 113, am 22. August 249. Am 27. August erreichte die Zahl der Erkrankungen mit 1024 Fällen ihre größte Höhe, stieg am 30. August nach einem vorübergehenden Abfall auf 1008 Fälle an, um dann allmählich abzunehmen. Am 12. November schien die Seuche erloschen. Doch setzte anfangs Dezember eine Nachepidemie ein, welche den Winter hindurch andauerte [56].

Auch die Dysenterie tritt fast ausschließlich in den Sommermonaten epidemisch auf. Luksch [57] beobachtete in der Bukowina, woselbst die Erkrankung endemisch ist, im August 1905 das Auftreten der ersten Fälle einer Epidemie, die erst zu Beginn des Jahres 1906 ein Ende fand. Die von Lentz [58] beschriebene Ruhrepidemie in St. Johann-Saarbrücken setzte im Juli ein (1905). In beiden Fällen handelte es sich um bazilläre Dysenterie. Ähnlich wie bei der Cholera dürfte die erleichterte Ansiedelung der Erreger auf die in den heißen Monaten erhöhte Disposition zu Magen-Darmerkrankungen zurückzuführen sein. Nach den Zahlen für Schweden und Norwegen, die Geißler [59] ordnete, fiel in beiden Ländern die Ruhrakme in den August, das Minimum in Schweden in den Mai, in Norwegen in den Juli. Nach den Zahlen für Wien 1900—1909 trafen von den 68 gezählten Fällen zwei Drittel auf die Monate Juli bis Oktober und nur ein Drittel auf die übrigen Zeiten des Jahres. Die ältere Literatur siehe bei Hirsch und Prinzing.

Bei der Besprechung der jahreszeitlichen Verteilung der Sterbefälle wurde hervorgehoben, daß in jenen Orten, in denen die allgemeine Sterblichkeit im Sommer einen Hochstand aufweist, dieser fast in allen Fällen durch die Mortalität der kleinen Kinder an Magen-Darmerkrankungen bedingt ist. In schöner Weise zeigt dies mit Benutzung der Hamburger Statistik des Jahres 1904 Prausnitz. Er trug in eine — unten reproduzierte — Tabelle

ein: I die Kurve der allgemeinen Sterblichkeit, II die Kurve der Sterblichkeit der Kinder im ersten Lebensjahre, III die Kurve der Sterbefälle an Durchfall und Brechdurchfall, IV die Kurve der Sterblichkeit an akuten Erkrankungen der Atmungsorgane. Außerdem wurde der Gang der Lufttemperatur durch eine punktierte Linie dargestellt [60].

Es ist leicht erkennbar, daß auf den Verlauf der Gesamtsterblichkeit die Säuglingssterblichkeit und auf diese wieder die Mortalität an Erkrankungen

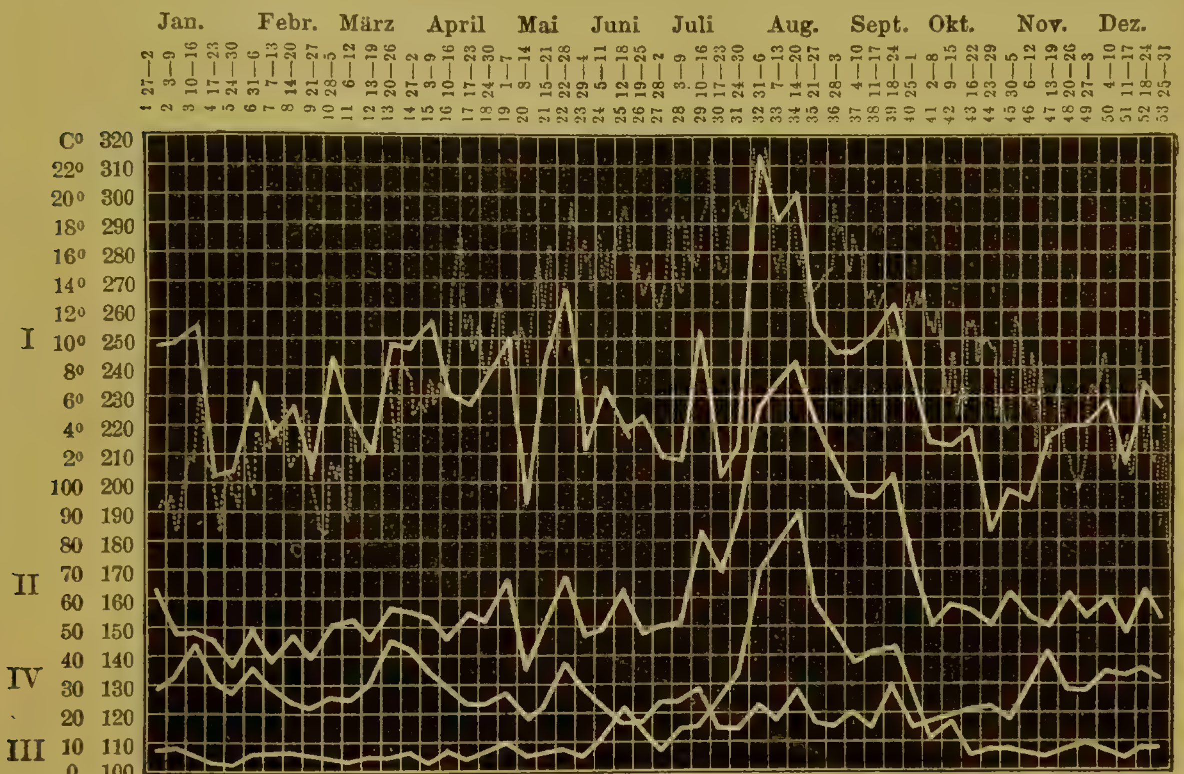


Fig. 134. Verlauf der Mortalität während der 52 Wochen des Jahres. Die punktierte Linie gibt die tägliche Lufttemperatur an. (Erklärung für Kurve I, II, III und IV siehe im Text.)

der Verdauungsorgane Einfluß nimmt. Die Kurve der akuten Erkrankungen der Atmungsorgane übt dagegen auf das Gesamtbild der Sterblichkeit keinen nennenswerten Einfluß. Weiter geht das Zusammentreffen der höchsten Temperaturen mit der höchsten Erhebung der Sommersterblichkeit klar hervor

Auf dieses Zusammentreffen hat schon Westergaard [61] aufmerksam gemacht, der den Einfluß der Temperatur auf die Säuglingssterblichkeit in Berlin für die Jahre 1892—1896 in folgender Tabelle zur Anschauung brachte.

	Es starben bei einer Temperatur		
Im Jahre	unter 17⁰ C	von 17⁰—19⁰	von 19⁰ u. mehr
1892	228	306	365
1893	202	320	435
1894	240	277	422
1895	199	354	452
1896	249	348	306
Summe	1118	1605	1980

Ob bei diesem Anstiege der Verderb der Nahrungsmittel, insbesondere der Milch, die Hauptrolle spielt, soll hier nicht erörtert werden. Jedenfalls ist sichergestellt, daß auch bei Völkern, bei denen die Kinder durch Muttermilch ernährt werden, die Kindersterblichkeit — wenigstens in der ärmeren Klasse — einen Sommergipfel aufweist [62]. Sicher besteht ein Einfluß der Wohlhabenheit. Wir verweisen hier auf die mit reichen Literaturangaben versehene Arbeit von Liefmann [63].

Literatur:

1) Vgl. hierzu außer später zitierten Autoren: O. Knoevenagel, Deutsche Viertelj. f. öff. Ges.-Pfl. Bd. 28, S. 295; Jessen, Ztschr. f. Hyg. Bd. 21, S. 287; Alquist, ebenda 1888, S. 1; Goldberg, Zentralbl. f. allg. Ges. 1889, Ergb. II, S. 316.
2) Prinzing, Handb. d. mediz. Statistik. Jena 1906, S. 407.
3) Die Gesundheitsverhältnisse Hamburgs. Hamb. 1901, S. 94 und 107.
4) Ebenda. S. 97.
5) Die Verdauungskrankheiten des Kindes. Prakt. Beiträge zur Kinderheilkunde, Heft 3, S. 13.
6) Hist.-geogr. Path., II. Aufl., Bd. 3, S. 261.
7) Handb. d. Hygiene von Pettenkofer u. Ziemsen. Leipz. 1886. I. Bd., 2. Abtl., 2. Heft, S. 230.
8) Handb. d. Kinderheilkunde von Pfaundler u. Schloßmann, I. u. II. Aufl.; Prausnitz, Mortalität u. Morbidität im Säuglingsalter.
9) Westergaard, Mortalität u. Morbidität. Jena 1901, S. 310.
10) Prinzing, Handb. d. mediz. Statistik. S. 411.
11) Hyg. Rundsch. 1903, S. 1052.
12) Vierteljahrsh. zur Statistik d. Deutsch. Reiches 1905, I, S. 324.
13) Ebenda 1906, I, S. 194.
14) Vierteljahrsh. zur Statistik d. Deutsch. Reiches 1904, I, S. 149.
15) Vierteljahrsschr. f. öff. Ges.-Pfl. **33**, 95, 1901.
16) Lode u. Schwiedland, Das böhm. Schleiferland. Wien, Manz, 1907, S. 28; siehe auch Annalen des Gewerbeförderungsdienstes des österr. Handelsministeriums. Wien 1907.
17) Handb. d. mediz. Statistik 1906, S. 412 und Generalberichte über die San.-Verw. im Königreich Bayern 1893—1902.
18) Arch. f. Hygiene Bd. 40, S. 15.
19) „Einige Bemerkungen über die periodischen Schwankungen der wichtigsten Krankheiten", Schmidts Jahrb. **4**, 73, 1880; nach den Quellen: Schweden, Sundhets Collegii underdåniga Berättelse Jahrg. 1861—1878; Norwegen, Beretning om Sundhetstilstanden og Medicinalforholdene i Norge, Jahrg. 1861—1876.
20) Westergaard, Mortalität u. Morbidität, loc. cit., S. 312; vgl. auch Eulenburgs Enzyklop. Bd. 31, III. Aufl., Berlin-Wien 1907, N. F., V, S. 573.
21) Hirsch, Bd. III., loc. cit., S. 94.
22) loc. cit., S. 413.
23) Hirsch, loc. cit., Bd. I, S. 21; Sticker in Schnirer u. Vierordts Enzyklopädie Bd. II, S. 957.
24) Arch. f. Hyg. Bd. 40, S. 1.
25) Zentralbl. f. allg. Ges. 1903, Bd. XXII.
26) Mediz. Korresp.-Bl. 1889, S. 9.
27) Loc. cit. Bd. I, S. 131.
28) Prinzing, loc. cit., S. 417.
29) Prausnitz in Pfaundler u. Schloßmanns Handb. d. Kinderheilk., II. Aufl., 1910, Bd. I, S. 120.
30) Statist. d. Infekt.-Erkr. in d. Jahren 1881—1891. Berlin 1894.
31) Loc. cit., Bd. I, S. 116.
32) Zentralbl. f. allg. Ges. 1889, Ergb.-Bd. II, S. 316.
33) Loc. cit., S. 425.
34) Weichselbaums Epidemiologie in Weyls Handb. d. Hyg. Bd. IX, S. 360.
35) Loc. cit., Bd. I, S. 106.

36) Neurath in Pfaundler-Schloßmanns Handb. d. Kinderheilk., Bd. II, S. 368.
37) Prausnitz, ebenda, Bd. 1, S. 120.
38) Prinzing, loc. cit., S. 418.
39) Moro in Pfaundler-Schloßmanns Handb. d. Kinderheilk., Bd. II, S. 329.
40) Loc. cit., Bd. III, S. 193.
41) Ibrahim in Pfaundler-Schloßmanns Handb. d. Kinderheilk., Bd. II, II. Aufl., S. 391.
42) Prinzing, loc. cit., S. 415.
43) Ebenda, S. 421.
44) Prausnitz, loc. cit., S. 120.
45) Österr. Sanitätswesen 1904, S. 281.
46) Prinzing, loc. cit., S. 422.
47) Loc. cit., Bd. I, S. 452.
48) Prausnitz, loc. cit., Bd. I, S. 120.
49) Österr. Sanitätswesen 1897, Beil., S. 13.
50) Prinzing, loc. cit., S. 416 u. 424.
51) Curschmann in Nothnagels Path. u. Therapie, Bd. III, T. 1, S. 59.
52) Igl, Österr. Sanitätswesen 1897, Beil., S. 57 u. Tabelle.
53) Arch. f. Hyg. Bd. 40, S. 11.
54) Loc. cit., Bd. I, S. 324.
55) Liebermeister in Nothnagels Handb. d. spez. Path. Wien 1896, S. 36.
56) Arbeit. aus d. kais. Gesundheitsamte **10**, 18, 1896.
57) Wien. klin. Wochenschr. 1906, Heft 28, S. 860.
58) Klin. Jahrb. **17**, 521, 1907.
59) Schmidts Jahrb. **4**, 73, 1880.
60) Prausnitz in Pfaundler-Schloßmanns Handb. d. Kinderheilk., Bd. I, II. Aufl., S. 110, 1910.
61) Westergaard, Mortalität u. Morbidität, II. Aufl., 1901, S. 318.
62) Fischl in Schloßmann-Pfaundlers Handb. d. Kinderheilk. **3**, 82, 1910; vgl. hierzu Meinert, Deutsch. med. Wochenschr. 1888, Heft 24 u. Arch. f. Kinderheilk. Bd. XLIV, Heft 1—3; Finkelstein, Ztschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. XXVIII, S. 125; Pfaundler, Münch. med. Wochenschr. 1907, Heft 1, S. 1; Dunbar, Vierteljahrsschr. f. öff. Ges.-Pfl., Bd. XXXVI, S. 91; Schloßmann, Ztschr. f. Hyg., Bd. 24, S. 97; Prausnitz, Vierteljahrsschr. f. öff. Ges.-Pfl., Bd. XXXIII, Heft 1; Prinzing, Hyg. Rundsch. 1899, S. 1.
63) Ztschr. f. Hyg. u. Inf. **62**, 199, 1909.

Quellenangabe der Abbildungen.

Fig. 1, 2, 9, 88—93, 96, 97, 100—103 aus Rubner, Lehrbuch der Hygiene. Leipzig u. Wien 1907.
„ 3, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 35, 36, 37, 50, 51, 53 aus Kirchner, Lehrbuch der Militärgesundheitspflege. Leipzig 1910.
„ 6 aus Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. 41, Heft 3.
„ 10 „ Zeitschrift „Gesundheit" 1909, Nr. 20.
„ 11 nach Ascher.
„ 18 aus Zeitschrift f. Hyg. Bd. 22.
„ 19, 94, 95, 104 aus Archiv f. Hyg. Bd. 69. Bd. 27. Bd. 31.
„ 22, 23, 24, 28, 29, 43 aus Trabert, Meteorologie u. Klimatologie. Leipzig 1905.
„ 25, 54, 55, 56 aus Katalog Fueß über meteorol. Instrumente.
„ 26, 27 aus Heller-Mager, v. Schrötter, Luftdruckerkrankungen. Wien 1900.
„ 30, 31, 32 aus Hann, Lehrbuch der Meteorologie. Leipzig 1906.
„ 33, 34 aus Liebigs Annalen der Physik. Bd. 50. 1893.
„ 38 nach Woeikof, Klima der Erde. 1887.
„ 40 aus Arrhenius, Lehrbuch der kosmetischen Physik. Leipzig 1903.
„ 41, 42 aus Denkschrift d. kais. Akademie. Wien 1901.
„ 44 aus Zuntz, Löwy, Müller u. Caspari, Höhenklima und Bergwanderungen. Leipzig 1906.
„ 52 aus Jelinek, Anleitung z. Ausführung meteorol. Beobachtungen.
„ 70, 71, 72, 73 aus Handb. d. Hygiene. Leipzig. 1, 2, 3, Soyka.
„ 75 aus Prausnitz, Hygiene VIII. München.
„ 77 „ Grundwasserstand u. Typhusmortalität in München 1856—1883. Real-Encyklopädie d. ges. Heilkunde. II. Berlin u. Wien.
„ 78 aus Münchner med. Wochenschrift 1904.
„ 80, 81, 82 aus Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 59. 1908.
„ 98, 99 aus Jaeger, Hygiene der Kleidung. Stuttgart 1906.
„ 122 nach v. Schrötter, Zur Kenntnis der Bergkrankheit.
„ 125 aus Gesundheitsverhältnisse Hamburgs. Hamburg 1901. S. 97.
„ 134 „ Pfaundler-Schloßmanns Handb. der Kinderheilkunde. Leipzig 1910. Bd. 1. S. 110.

Berichtigungen.

Seite	30,	Zeile	8	von	unten	lies	ihn statt ihm.
„	62,	„	11	„	„	„	den statt dem.
„	63,	„	25	„	oben	„	Perioden statt Periode.
„	82,	„	3	„	unten	„	nicht statt nur.
„	109,	„	1	„	oben	„	geringe statt geringer.
„	137,	„	5	„	„	„	animalischen statt vegetarischen.
„	145,	„	3	„	unten	„	Aufgabe, die Speichel- statt Aufgabe der Speichel.
„	151,	„	3	„	oben	„	ungünstiger statt ungünstige.
„	151,	„	7	„	unten	„	Kraftbedarfes statt Fettbedarfes.
„	178,	„	11	„	„	„	Garneel statt Graneel.
„	203,	„	5	„	„	„	diesem statt diesen.
„	219,	„	5	„	„	„	Pyknometer statt Pykrometer.
„	227,	„	19	„	„	„	Euter statt Eiter.
„	233,	„	12	„	oben	„	aerogenen statt aerogener.
„	240,	„	3	„	„	„	Man statt an.
„	252,	„	15	„	unten	„	Peptonisierung statt Peptionsierung.
„	295,	„	14	„	„	„	Stoffe statt Stoe.
„	324,	„	15	„	oben	„	die Schimmelpilze statt der Schimmelpilze.

Sachregister.

C

D

E

F

G

H

I (J)

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Z

Druck von August Pries in Leipzig.

